ББК 38.76
Э41
УДК [628.1/2.004.2 + 696.2.004.2] (035.5)

Авторы-составители: В. Д. ДМИТРИЕВ, Д. А. КОРОВИН, А. И. КОРАБЛЕВ, Г. П. МЕДВЕДЕВ, Б. Г. МИШУКОВ, М. П. НАУМОВ, Г. С. ЧИСТОВА

Рецензенты: — А. В. ЗОТОВ, С. Н. ГЛЯДЕНОВ (ЛО Гипрокоммуиводоканал)

Э41 **Эксплуатация** систем водоснабжения, канализации и газоснабжения: Справочник/Под ред. В. Д. Дмитриева, Б. Г. Мишукова. — 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1988. 383 с., ил. ISBN 5-274-00049-5

В справочнике приведены краткие сведения по эксплуатации систем водоснабжения, канализации и газоснабжения в основном по населенным пунктам. Освещаются правила приема систем в эксплуатацию, рассматриваются вопросы автоматизации и диспетчеризации управления системами водоснабжения, канализации и газоснабжения, планово-предупредительных осмотров и ремонтов, контроля за работой сооружений. Уделено внимание надежности, долговечности и экономичности работы систем. 3-е изд. дополнено новыми нормативными документами и новым разделом о надежности систем. Изд. 2-е вышло в 1981 г.

Предназначен для инженерно-технических работников.

Э $\frac{3206000000-102}{047\,(01)-88}$ 48—88

ББК 38.76

© Стройиздат, Ленинградское отделение, 1976

© Стройиздат, Ленинградское отделение, 1981

© Стройиздат, Ленинградское отделение, 1988, с изменениями

ISBN 5-274-00049-5

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Раздел первый

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ, КАНАЛИЗАЦИИ И ГАЗОСНАВЖЕНИЯ

Глава I. Задачи эксплуатации систем водоснабжения, канализации и газоснабжения 5
§ 1.1. Техническая и хозяйственная характеристика водопроводно-канализационного и газового хозяйства населенных мест . . . 5
§ 1.2. Общие требования к зданиям и сооружениям 6
§ 1.3. Организация эксплуатации водопроводно-канализационного и газового хозяйства 7
§ 1.4. Эксплуатация территории зон санитарной охраны источников водоснабжения и сооружений 9

Глава II. Оргаиизация диспетчерской службы 15
§ 1.5. Основные задачи диспетчеризации и структура диспетчерской службы 15
§ 1.6. Лаборатория автоматики и коитроля 21

Раздел второй

ВОПРОСЫ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Глава I. Обеспечение иадежности технических устройств в системах при их эксплуатации 23
§ 2.1. Основные понятия теории надежиости, цели и задачи 23
§ 2.2. Комплексные показатели надежности 30
§ 2.3. Законы распределения случайных величин 32

Глава II. Методы расчета надежиости и периодичиости технического обслуживания 35
§ 2.4. Осиовы расчета надежности 35
§ 2.5. Методы повышения иадежности систем 41
§ 2.6. Техническое обслуживание систем и надежность 46

Раздел третий

ВОДОЗАВОРЫ, ВОДОВОДЫ И СЕТИ

Глава I. Источники водосиабжеиия и водозабориые сооружеиия . . . 54
§ 3.1. Содержание источников воды 54
§ 3.2. Обслуживание водозабориых сооружений из поверхиостных и подземных источников воды 56
§ 3.3. Водозаборные сооружения из поверхностных источников . . . 57
§ 3.4. Борьба с льдообразованием на решетках 61
§ 3.5. Эксплуатация водозабориых сооружеиий подземных источников воды 63

Глава II. Водопроводные сети 72
§ 3.6. Испытаиия и приемка наружных трубопроводов 72
§ 3.7. Организация службы сети 72
§ 3.8. Работы по содержанию и ремонту сетей 74
§ 3.9. Контрольные испытания водоводов и сетей 88
§ 3.10. Особые случаи эксплуатации водопроводов и сетей 96

Глава III. Напорно-регулирующие устройства 101
§ 3.11. Приемка напорно-регулирующих устройств в эксплуатацию 101
§ 3.12. Подземные резервуары и водонапорные башни 101

Раздел четвертый

ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ВОДОПРОВОДА

Глава I. Сооружения по осветлению и обесцвечиванию воды 104
§ 4.1. Испытание и приемка в эксплуатацию сооружений 104
§ 4.2. Организация эксплуатации очистных станций 105
§ 4.3. Общие положения по обслуживанию очистных станций . . . 107
§ 4.4. Реагентное хозяйство 112
§ 4.5. Процессы смешения и смесители 122
§ 4.6. Процессы хлопьеобразования и камеры хлопьеобразоваиия (реакции) 124
§ 4.7. Сооружеиия по отстаиванию воды 125
§ 4.8. Фильтры и коитактные осветлители 130
§ 4.9. Эксплуатация установок по обеззараживанию воды хлором . . 132
§ 4.10. Обеззараживание сточных вод хлором 136
§ 4.11. Обеззараживание воды озонированием и другими способами . 136
§ 4.12. Стабилизация, фторирование и обесфторирование воды . . . 139
§ 4.13. Сооружения по удалению из воды железа, марганца и кремиия 141

Глава II. Производственный контроль за работой сооружений и повышеиие ее эффективиости 142
§ 4.14. Подготовка воды на сооружениях 142
§ 4.15. Приготовление растворов и режимы коагуляции 146
§ 4.16. Повышение эффективности работы сооружений 148

Раздел пятый

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ

Глава I. Общие положения 151
§ 5.1. Оргаиизация эксплуатации канализационной сети 151
§ 5.2. Общие требования к пользованию канализацией 154
§ 5.3. Технический надзор за строительством и приемка каиализационных сетей в эксплуатацию 157

Глава II. Эксплуатация канализационной сети и сооружений на ней 159
§ 5.4. Наблюдеиие за канализационной сетью. Наружный и технический осмотр сети. Состав бригад по осмотру сети 159
§ 5.5. Измереиие расхода жидкости в канализационных коллекторах 161
§ 5.6. Профилактическая прочистка каиализационных сетей 165
§ 5.7. Устраиеиие засореиий канализациоиной сети 173
§ 5.8. Эксплуатация тоннельных коллекторов 174
§ 5.9. Эксплуатация дюкеров 178
§ 5.10. Плаиово-предупредительный ремонт 178
§ 5.11. Учет работы сооружений. Ведеиие технической докумеитации 179

Раздел шестой

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Глава I. Очистные сооружения городской каналнзации 182
§ 6.1. Условия работы очистных сооружений городской канализации 182
§ 6.2. Организация химико-технологического контроля за работой очистных станций 185

Глава II. Механическая очистка сточных вод 187
§ 6.3. Решетки 187
§ 6.4. Песколовки 188
§ 6.5. Первичные отстойники 192

Глава III. Сооружения биологической очистки в естественных условиях 198
§ 6.6. Поля фильтрации 198
§ 6.7. Биологические пруды 200

Глава IV. Биологическая очистка в биофильтрах и аэротенках . . . 202
§ 6.8. Биологические фильтры 202
§ 6.9. Аэротенки 209
§ 6.10. Аэрационное оборудование 214
§ 6.11. Вторичные отстойники 217

Глава V. Обеззараживание осадков 219
§ 6.12. Метантенки 219
§ 6.13. Осветлители-перегниватели 222
§ 6.14. Двухъярусные отстойники 223

Глава VI. Обезвоживание и сушка осадков 225
§ 6.15. Уплотнители 225
§ 6.16. Подготовка осадков к обезвоживанию 227
§ 6.17. Обезвоживание осадков на вакуум-фильтрах 229
§ 6.18. Обезвоживание осадков на центрифугах 231
§ 6.19. Термическая сушка осадков 241

Глава VII. Общие вопросы организации эксплуатации 243
§ 6.20. Организация эксплуатации, подготовка обслуживающего персонала 243
§ 6.21. Планово-предупредительный и капитальный ремонты 244

Раздел седьмой

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОПРОВОДНЫХ И КАНАЛИЗАЦИОННЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Глава I. Организация эксплуатации насосных станций 250
§ 7.1. Общие положения 250
§ 7.2. Организационная структура управления работой насосных станций 250
§ 7.3. Техническая документация 252
§ 7.4. Схемы коммуникаций насосной станции 253
§ 7.5. Обязанности эксплуатационного персонала насосной станции 253
§ 7.6. ППО и ППР оборудования насосной станции 254
§ 7.7. Учет работы насосных станций 257
§ 7.8. Техника безопасности 259
§ 7.9. Ответственность за аварии при эксплуатации 259

Глава II. Эксплуатация насосных станций и насосных агрегатов . . . 260
§ 7.10. Общие положения 260
§ 7.11. Пуск насосов и их остановка 261
§ 7.12. Эксплуатация насосных агрегатов 264

§ 7.13. Технические правила сиятия характеристик центробежных насосов 266
§ 7.14. Ревнзия и ремонт центробежных насосов 269
§ 7.15. Обязанности дежурного и обслуживающего персонала станции 270

Глава III. Эксплуатация воздуходувных и компрессорных установок
§ 7.16. Воздуходувные и компрессорные установки. Оборудование . . 271
§ 7.17. Эксплуатация устройств для забора, очнстки и подачн воздуха 273
§ 7.18. Эксплуатация воздуходувных и компрессорных машин 273
§ 7.19. ППО и ППР воздуходувных и компрессорных машин 275
§ 7.20. Техника безопасности 276

Глава IV. Эксплуатацин электрооборудования насосных станций . . 278
§ 7.21. Общие положения 278
§ 7.22. Эксплуатация электродвигателей переменного тока 278
§ 7.23. Эксплуатация электродвигателей н электроаппаратуры (ППО и ППР) 281
§ 7.24. Эксплуатация электропрнводов задвижек 282
§ 7.25. Обслуживание электрораспределительных устройств (РУ) и трансформаторных подстанцнй (ТП) 283
§ 7.26. Электроизмерительные приборы и их эксплуатация 285
§ 7.27. Стоимость электроэнергии и влияние на нее коэффициента мощности 285

Глава V. Эксплуатация измерительных приборов для определения расхода и напора воды 286
§ 7.28. Расходомерные устройства 286
§ 7.29. Технические условия эксплуатации расходомеров 286
§ 7.30. Учет производительности насосных станцнй при отсутствии расходомеров 289
§ 7.31. Приборы для измерения давления 289

Раздел восьмой

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Глава I. Горючие газы 290
§ 8.1. Характеристика газообразных топлив и их свойства 290
§ 8.2. Токсические свойства газов и вредные примесн 293
§ 8.3. Концентрационные пределы взрываемости газовоздушных смесей 294
§ 8.4. Предотвращение химического недожога 295
§ 8.5. Приспособляемость горелок к газам разных физико-химических характеристик 296

Глава II. Эксплуатация подземных газопроводов 297
§ 8.6. Обслуживание газопроводов 297
§ 8.7. Закупорка газопроводов и способы ее ликвидации 300
§ 8.8. Эксплуатация средств электрозащиты подземных газопроводов 301

Глава III. Эксплуатация внутридомового газового оборудования 302
§ 8.9. Обслуживание газовых приборов 302
§ 8.10. Эксплуатация дымовых и вентиляционных каналов 303

Глава IV. Эксплуатация газового хозяйства промышленных и коммунальных предприятий 304
§ 8.11. Ввод в эксплуатацию систем газоснабжения 304
§ 8.12. Эксплуатация газового оборудования котельной 306
§ 8.13. Эксплуатация газорегуляторных пунктов 309
§ 8.14. Присоеднненне к действующим газопроводам 311
§ 8.15. **Учет расхода газа** 313

Глава V. Эксплуатация установок сжиженных углеводородных газов 316
§ 8.16. Ввод в эксплуатацию установок 316
§ 8.17. Профилактическое обслуживание 318
§ 8.18. Освидетельствование оборудования 319
§ 8.19. Эксплуатация газобаллонных установок 320
§ 8.20. Мероприятия по технике безопасности в системах газоснабжения 322

Глава VI. Организация и планирование газового хозяйства 326
§ 8.21. Структура управления горгаза 326
§ 8.22. Планирование газового хозяйства 331
§ 8.23. Отчетность в газовом хозяйстве 335
§ 8.24. Прокладочные и уплотнительные материалы 336

Раздел девятый

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННОГО И ГАЗОВОГО ХОЗЯЙСТВА

Глава I. Планирование эксплуатационной деятельности 339
§ 9.1. Техпромфинплан 339
§ 9.2. Эксплуатационная смета (себестоимость продукции или услуг) 340

Глава II. Экономическое стимулирование 359
§ 9.3. План по фондам экономического стимулирования 359
§ 9.4. Прибыль и ее распределение 363
§ 9.5. Эффективность организационно-технических мероприятий и премирование за изобретения и рационализаторские предложения 365
§ 9.6. Технико-экономическая оценка эффективности применения очистных сооружений 367
Заключение 372
Предметный указатель 374

Список литературы 377

Посвящается памяти
доктора технических наук
профессора
Семена Марковича Шифрина

ВВЕДЕНИЕ

Исключительный по масштабам и темпам рост производительных сил, намеченный решениями XXVII съезда КПСС и Программой Коммунистической партии Советского Союза, обусловливает широкий размах водохозяйственного строительства с целью снабжения водой населенных мест, промышленных предприятий, сельского хозяйства и других потребителей воды. Из известных сырьевых ресурсов вода в наибольшей степени вовлечена в сферу материального производства.

В Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года, принятых на XXVII съезде КПСС, отмечается необходимость «последовательно улучшать охрану водных ресурсов страны», «повышать эффективность работы очистных сооружений», поднять «действенность государственного контроля за состоянием природной среды и источниками загрязнения, улучшать техническое осиащение этой службы эффективными автоматическими приборами и оборудованием».*

Рациональное использование водных ресурсов, охраиа их от загрязнения и истощения приобрели в настоящее время международное значение. Генеральной ассамблеей Организации Объединенчых Наций в ноябре 1980 г. было провозглашеио Международиое десятилетие питьевого водоснабжения и санитарии (1981—1990 гг.) с целью обеспечеиия к 1990 г. всех жителей земного шара чистой водой. ЮНЕСКО в этом направлении разработала Междуиародную гидрологическую программу, основным содержанием которой является создаиие научной основы для рационального управления водными ресурсами и поиск путей для решения водоснабжения в странах с различными природно-климатическими условиями и уровнями экономического, социального и технического развития.

Рост числа систем водоснабжения и канализации, их постоянное усложнеиие ставят новые задачи перед службой эксплуатации. Известные задачи службы эксплуатации водопроводно-канализационных систем заключаются в обеспечении условий для работы

* Материалы XXVII съезда КПСС. М: Политиздат, 1986, С. 316.

в целом и сооружений в отдельности с соблюдением правил техники безопасности, а также в организации охраны окружающей среды в пределах, связанных с кругом вопросов по подготовке воды для хозяйственно-питьевых, производственных и других целей, удалению и обезвреживанию сточных вод. Новые задачи связаны с организацией автоматизированных систем управления водохозяйственными объектами, созданием крупных и групповых систем водопользования, охватывающих целые регионы страны. Совершенствование взаимоотношений водопользователей и служб эксплуатации ставится на повестку дня условиями хозрасчета предприятий.

Уровень эксплуатации зависит от многих обстоятельств, в том числе от степени технической подготовленности технического персонала.

Основой успеха эксплуатации служат:

систематизированные знания по устройству всех систем, объектов и сооружений, динамики их взаимосвязи и взаимного влияния, принципов управления и автоматизации;

четкие представления о существе протекающих гидравлических, физических, химических и технологических процессов, связанных с транспортировкой, очисткой, хранением и использованием всех видов вод.

Интенсивное развитие техники относительно быстро старит конструкции сооружений и применяемое оборудование, и только прочные знания могут служить базой для плодотворной деятельности и самосовершенствования.

Настоящий справочник не претендует на полноту отражения всех видов процессов и сооружений водоснабжения и водоотведения. В нем освещены широко распространенные процессы и сооружения и в какой-то мере перспективные направления развития техники в рассматриваемой области.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность рецензентам А. В. Зотову и С. Н. Гляденову (ЛО Гипрокоммунводоканала), а также начальнику отдела водопровода управления Ленводоканала М. Б. Захаревичу, просмотревшему рукопись и сделавшему ряд ценных замечаний и предложений.

Отдельные разделы справочника написаны следующими авторами: раздел первый — М. П. Наумовым, разделы второй, третий, четвертый и § 9.6 — В. Д. Дмитриевым, раздел пятый — Г. П. Медведевым, раздел шестой — Б. Г. Мишуковым, § 8.18 — Г. П. Медведевым, раздел седьмой — А. И. Кораблевым, раздел восьмой — Д. А. Коровиным и раздел девятый — Г. С. Чистовой.

Раздел первый

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ, КАНАЛИЗАЦИИ И ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Глава I. ЗАДАЧИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ, КАНАЛИЗАЦИИ И ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

§ 1.1. Техническая и хозяйственная характеристика водопроводно-канализационного и газового хозяйства населенных мест

Системы водоснабжеиия, канализации и газоснабжения населенных мест предназначены для обеспечеиия населения питьевой водой и газом, а также для водоотведения сточных вод и последующей их очистки.

Промышленные предприятия используют воду из городского водопровода, как правило, только для бытовых целей, а пищевая отрасль промышленности, кроме того, и для технологических процессов производства.

Вопрос технического водоснабжения промышленных предприятий из коммуиальиого водопровода решается исполкомом местного Совета депутатов трудящихся с участием местных санитарно-эпидемиологических станций и органов Минводхоза СССР.

Городской водопровод обеспечивает пожаротушение на всей занимаемой городом территории необходнмым количеством воды с соответствующим напором. Если промышленным предприятиям по условиям технологического процесса и пожаротушения требуются напоры бо́льшие, чем может обеспечить городской водопровод, то в этих случаях строятся насосиые станции подкачки (пожариые емкости), режим работы которых согласовывается с Управлением водопроводио-канализационного хозяйства города.

Городская канализация обеспечивает отвод сточных вод со всей территории города и их очистку перед выпуском в водоем. Прием промышлеиных сточных вод в городскую канализацию производится с разрешения Управления водопроводно-канализациоииого хозяйства, которое на основании ПДК веществ, сбрасываемых в городскую канализационную сеть, назначает локальную очистку этих сточных вод на территории предприятия.

При использовании сточиых вод предприятия в оборотной системе технического водоснабжения степень ее очистки определяется проектной организацией.

Использование очищенных городских сточных вод для снабжения промышленных предприятий технической водой определяется проектной организацией при согласовании ее качества промыш-

ленным предприятием и местной санитарно-эпидемиологической станцией.

Газоснабжение городов предусматривает обеспечение газом жилого фонда и котельных систем центрального отопления и теплоснабжение домов. Промышленные предприятия (в том числе ТЭЦ) получают газ из газовой сети города по разрешению Госплана союзной республики.

Объект принимается в эксплуатацию только в том случае, если он полностью подготовлен к эксплуатации и может выпускать продукцию.

§ 1.2. Общие требования к зданиям и сооружениям

Основные здания и сооружения водопроводно-канализационного и газового хозяйства (насосные станции, очистные сооружения, подземные резервуары, камеры, водонапорные башни, газорегуляторные пункты и др.) в течение первого года эксплуатации должны находиться под постоянным наблюдением. Необходимо ежемесячно осуществлять контроль за их осадкой путем установки постоянных и временных реперов.

Начиная со второго года эксплуатации контроль производится по плану, утверждаемому Управлением водопроводно-канализационного и газового хозяйства, в сроки, устанавливаемые в зависимости от местных условий и состояния объектов.

На предприятии для каждого здания и сооружения ведется паспорт, куда заносят все замечания при их обследовании, а также дату проведения ППО, ППР, текущего и капитального ремонта с описанием выполненных работ. Особое внимание должно быть уделено наблюдению за осадкой фундаментов основного оборудования (насосов, электродвигателей, двигателей внутреннего сгорания, воздуходувок и др.) и за возможными трещинами на них от вибрации. Необходимо вести систематическое наблюдение за состоянием опор, упоров на концах или в местах поворотов трубопроводов в зданиях, колодцах и камерах. При обнаружении осадок зданий, колодцев и камер необходимо обращать внимание на состояние эластичной заделки труб в проходах через стены для предотвращения переломов трубопроводов или возможного проникновения газа в подвальные помещения.

В зданиях, сооружениях водопровода и канализации должен поддерживаться оптимальный температурно-влажностный режим, обеспечиваемый действием отопительно-вентиляционных систем. Трубопроводы и арматура водопровода, канализации, отопления, вентиляции и газоснабжения, расположенные в местах с пониженной температурой, должны быть изолированы. Периодически следует проверять состояние изоляции и производить необходимый ремонт.

§ 1.3. Организация эксплуатации водопроводно-канализационного и газового хозяйства

Форма организации водопроводно-канализационного и газового хозяйства зависит от масштаба его деятельности, производственной мощности и ведомственной подчиненности. Вопросами эксплуатации водопроводных и канализационных систем, как правило, занимаются службы, входящие в состав производственных управлений водопроводно-канализационного хозяйства, а газовых сетей — самостоятельные производственные управления. Каждое управление действует на правах предприятия с единым расчетным счетом в банке, с общим фондом амортизации, оборотными средствами, фондом предприятия и централизованными взаимными расчетами. В составе производственных управлений предприятия водопровода и канализации находятся на внутреннем хозрасчете. Сами управления подчиняются городскому управлению коммунального хозяйства. В небольших городах службы водопровода, канализации, газоснабжения объединяются с некоторыми другими коммунальными предприятиями в коммунальные комбинаты, подчиненные городским управлениям коммунального хозяйства.

В крупнейших городах (Москва, Ленинград, Киев, Харьков, Свердловск и др.) существуют отдельные отраслевые управления водопроводно-канализационного и газового хозяйств, подчиненные непосредственно исполкомам городских Советов народных депутатов.

Многие населенные пункты снабжаются водой из водопроводов, принадлежащих промышленным предприятиям и организациям, или из ведомственных и коммунальных водопроводов одновременно. В этом случае службы коммунальных водопроводов оплачивают промышленным предприятиям стоимость получаемой воды, взимая с населения оплату целиком за всю подаваемую им воду по установленным тарифам.

Основными задачами правильной эксплуатации водопроводно-канализационного хозяйства являются:

обеспечение качества воды в соответствии с требованиями ГОСТ 2874—82 и ТУ для очистки городских сточных вод;

обеспечение надежности и бесперебойной работы сооружений с заданным технологическим режимом их работы;

устранение в кратчайшие сроки аварий и повреждений и изучение причин их появления с целью предупреждения в будущем;

своевременное и доброкачественное проведение текущего и капитального ремонтов в порядке и в сроки, установленные действующей инструкцией о планово-предупредительных ремонтах МЖКХ РСФСР;

борьба с утечками, потерями и нерациональным использованием воды и газа;

обеспечение высокой рентабельности работы, т. е. снижение себестоимости продукции и услуг, улучшение их качества путем научной организации труда, механизации и автоматизации производственных процессов, учета расхода воды, электроэнергии, газа, реагентов и т. д., экономия материальных ресурсов и организация социалистического соревнования.

Ввод в эксплуатацию новых и реконструируемых водопроводно-канализационных и газовых предприятий, сооружений и сетей осуществляется в соответствии с указаниями СНиП III-3—76 и СНиП 2.04.02—84 при обязательном участии официальных представителей городского (областного) комитета профсоюзов, местных органов Государственного санитарного надзора и, при необходимости, представителей бассейновых территориальных управлений Министерства мелиорации и водного хозяйства, а также бассейновых управлений «Рыбвод» Министерства рыбного хозяйства.

Ввод в эксплуатацию новых или реконструируемых водопроводных и канализационных очистных сооружений не допускается без оформления разрешения на специальное водопользование, разработанного в соответствии с инструкцией о порядке согласования и выдачи разрешений на специальное водопользование (Нормы водопользования 33—5.1.02—83 Минводхоза СССР).

В процессе наладочных работ должны быть разработаны инструкции по эксплуатации агрегатов, механизмов, сооружений и сетей водопровода, канализации и газоснабжения, должностные инструкции для эксплуатационных работников по всем вопросам эксплуатации в соответствии с существующими экономическими и обязательными постановлениями местных советских органов. В этих инструкциях подробно указываются права и обязанности всех работников, ответственность за порученный участок работы, подчиненность, порядок эксплуатации оборудования, последовательность операций при пуске и остановке агрегатов и сооружений, порядок действий при аварийном положении, порядок связи и т. д. с обязательным указанием соблюдения правил безопасности ведения работ.

Администрация обязана способствовать повышению технических знаний эксплуатационного персонала путем организации технического обучения, обмена опытом работы и внедрения достижений передовиков производства, а также росту на предприятиях числа рационализаторов и изобретателей.

Для всех эксплуатационных работников обязательно знание и соблюдение специальных правил (санитарного надзора, гражданской обороны, архитектурно-технического надзора, противопожарной безопасности и газового хозяйства), относящихся к городским водопроводам, канализациям и газовому хозяйству, а для лиц, обслуживающих электроустановки, — правил технической эксплуатации и безопасности обслуживания электроустановок промышленных предприятий.

Утверждение в должности всех работников водопроводно-канализационного и газового хозяйства производится только после установленных испытательных сроков и проверки знаний ими правил эксплуатации этих хозяйств и рабочих инструкций, а также «Правил безопасности при эксплуатации водопроводно-канализационных сооружений» МЖКХ РСФСР и газового хозяйства. Периодически в установленные сроки проверяются знания отдельно рабочих и инженерно-технического персонала.

§ 1.4. Эксплуатация территории зон санитарной охраны источников водоснабжения и сооружений

Общие положения. Зоны санитарной охраны должны быть на действующих, проектируемых и реконструируемых водопроводах хозяйственно-питьевого назначения в целях обеспечения их санитарно-эпидемиологической надежности.

Зона источника водоснабжения в месте расположения водозаборных сооружений должна состоять из трех поясов: первого — строгого режима, второго и третьего — режимов ограничения хозяйственной деятельности.

Зона водопроводных сооружений должна состоять из границ первого пояса и санитарно-защитной полосы вокруг него.

Зона санитарной охраны должна включать водозаборные сооружения, водохранилища, водоподводящие каналы, а также полосу прокладки водоводов.

Проект зон санитарной охраны водопровода согласовывается с исполкомом местного Совета народных депутатов, с органами санитарно-эпидемиологической службы, а также с другими заинтересованными министерствами и ведомствами и утверждается в установленном порядке. Контроль за содержанием зон санитарной охраны должен осуществляться органами Государственного санитарного надзора. В особых случаях, когда территория зон источника водоснабжения по разработанному проекту утверждена Советом Министров СССР, ее содержание и охрану осуществляет производственное управление водопроводно-канализационного хозяйства.

Поверхностные источники водоснабжения. Границы первого пояса устанавливаются на расстояниях от водозабора:

для рек и каналов:

вверх по течению — не менее 200 м;

вниз по течению — не менее 100 м;

по прилегающему к водозабору берегу — не менее 100 м от уреза воды при летне-осенней межени;

в направлении к противоположному берегу: при ширине водотока менее 100 м — вся акватория и противоположный берег шириной 50 м от уреза воды при летне-осенней межени, а при ширине водотока более 100 м — полоса акватории шириной не менее 100 м;

на водозаборах ковшового типа вся акватория ковша и территория вокруг него — не менее 100 м;

для водохранилищ и озер:

по акватории во всех направлениях — не менее 100 м;

по прилегающему к водозабору берегу — не менее 100 м от уреза воды при нормальном подпорном уровне в водохранилище и летне-осенней межени в озере.

Акватория первого пояса санитарной охраны поверхностного источника водоснабжения должна обозначаться наземными столбами-указателями и бакенами. В несудоходных водоемах бакены с освещением устанавливаются над оголовками водозаборов, а в судоходной части — вне судового хода.

На территории первого пояса зоны:

запрещаются все виды строительства, кроме основных водопроводных сооружений; размещение жилых и общественных зданий любого назначения; прокладка трубопроводов различного назначения, кроме обслуживающих водопроводные сооружения; выпуск сточных вод, купание, водопой и выпас скота, стирка белья, рыбная ловля, применение ядохимикатов для растений;

все здания должны быть канализованы в ближайшую систему водоотведения с расположением очистных сооружений сточных вод за пределами первого пояса; при отсутствии канализации должны быть построены водонепроницаемые выгребы с учетом санитарных требований вывоза нечистот;

должно быть обеспечено отведение поверхностного стока за пределы первого пояса;

допускаются санитарные рубки леса и уход за ним.

Границы второго пояса устанавливаются:

вверх по течению (включая притоки) — исходя из усредненной по ширине и длине водотока скорости течения воды и времени ее протекания от границы пояса до водозабора при среднемесячном расходе воды летне-осенней межени 95 % обеспеченности: не менее 5 суток — для I (А, Б, В, Г) климатического района и II (А) климатического подрайона и не менее 3 суток — для остальных климатических районов;

вниз по течению — не менее 250 м;

боковые границы — на расстоянии от уреза воды летне-осенней межени: при равнинном рельефе — 500 м, при гористом — до вершины первого склона, обращенного в сторону водотока, но не более 750 м при пологом склоне и 1000 м при крутом.

Границы второго пояса в водохранилище и озере от водозабора по акватории во всех направлениях на расстоянии 3 км — при количестве ветров до 10 % в сторону водозабора и 5 км — при количестве ветров более 10 %; боковые границы аналогичны указанным расстояниям для водотоков.

Границы третьего пояса зоны поверхностных источников водоснабжения вверх по течению или во все стороны по акватории водоема должны быть такими же, как для второго пояса, боковые

границы — по водоразделу, но не более 3—5 км от водотока или водоема.

На территории второго пояса источника водоснабжения запрещается:

а) загрязнение территории нечистотами, мусором, навозом, промышленными отходами и др.;

б) размещение складов ядохимикатов и минеральных удобрений, горюче-смазочных материалов, накопителей, шламохранилищ и прочих объектов, способствующих загрязнению водоемов;

в) размещение скотомогильников, кладбищ, полей ассенизации и фильтрации, навозохранилищ, силосных траншей, земледельческих полей орошения, животноводческих и птицеводческих объектов и другой хозяйственной деятельности, способствующей микробному загрязнению водоемов;

г) применение удобрений и ядохимикатов;

д) добыча песка и гравия, а также дноуглубительные работы;

е) расположение пастбищ в прибрежной полосе шириной 300 м.

На территории второго пояса источника водоснабжения надлежит:

а) осуществлять регулирование отведения территорий для населенных пунктов и других хозяйственно-бытовых и оздоровительных учреждений производственных и сельскохозяйственных объектов, а также изменение технологий промышленных предприятий, представляющих опасность загрязнения водоемов;

б) благоустраивать населенные пункты, промышленные и сельскохозяйственные объекты, предусматривать организованное водоснабжение и канализование их и организовывать отвод загрязненных поверхностных сточных вод и др.;

в) принимать степень очистки различных сточных вод, отвечающих требованиям «Основ водного законодательства СССР и союзных республик» и «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами»;

г) производить санитарные рубки леса и уход за ним;

д) устанавливать места переправ, мостов и пристаней;

е) при наличии судоходства оборудовать суда устройствами для сбора бытовых и подслаевых вод и твердых отбросов, на пристанях предусматривать сливные станции и приемники для сбора твердых отбросов.

Допускается птицеразведение, стирка белья, купание, туризм, водный спорт, устройство пляжей, рыбная ловля в специальных местах и по режиму, согласованному с местными органами санитарно-эпидемиологической службы.

В границах второго пояса зон санитарной охраны по согласованию с санитарными органами могут быть изменены его границы от водозабора, если качество воды водоема отвечает требованиям на источник водоснабжения по ГОСТ 17.1.3.03—77, а также условиям выпаса, стойбища и водопоя скота, внесения удобрений

применения ядохимикатов и т. д. с учетом местных условий состояния водоемов.

На территории третьего пояса санитарной охраны надлежит выполнять мероприятия, предусмотренные в п. «а», «б», «в» второго пояса. В лесных массивах разрешается проведение порубок леса главного и промежуточного пользования, а также лесосечного фонда долгосрочного пользования.

Подземные источники водоснабжения. Границы первого пояса зоны подземного водоисточника устанавливаются от одиночного водозабора или от крайних водозаборных сооружений группового водозабора на расстояниях:

при использовании защищенных подземных вод — 30 м;

при использовании недостаточно защищенных подземных вод — 50 м;

при инфильтрационных водозаборах от поверхностного водоисточника — не менее 150 м;

при подрусловых водозаборах или участке, питающем инфильтрационный водозабор, — аналогично зоне первого пояса поверхностного источника водоснабжения;

при искусственном пополнении запаса подземных вод от инфильтрационных сооружений закрытого типа — 50 м, открытого типа — 100 м.

Границы второго пояса зоны санитарной охраны устанавливаются в зависимости от климатических районов и защищенности подземных вод с учетом времени продвижения микробного загрязнения воды до водозабора от 100 до 400 суток.

Границы третьего пояса зоны определяются временем продвижения химического загрязнения воды до водозабора, которое должно быть больше принятой продолжительности эксплуатации водозабора, но не менее 25 лет.

Второй и третий пояса зоны при инфильтрационном питании водоносного пласта следует принимать применительно границам второго и третьего поясов поверхностного источника водоснабжения.

На территории первого пояса зоны подземного источника водоснабжения должны применяться санитарные мероприятия, указанные для территории первого пояса зоны поверхностного источника водоснабжения.

На территории второго пояса зоны подземного источника водоснабжения применяются санитарные мероприятия, изложенные для первого пояса зоны поверхностного источника водоснабжения, и дополнительно предусматривается:

выявление и тампонаж или восстановление старых, бездействующих, дефектных скважин и шахтных колодцев, создающих опасность загрязнения водоносного горизонта;

регулирование бурения новых скважин;

запрещение загрязнения подземных вод закачкой отработанных вод, подземного складирования различных отходов, разработки недр и т. п.

На территории третьего пояса зоны подземного источника распространяются условия проведения мероприятий, предусмотренные для территории второго пояса зоны поверхностного источника водоснабжения.

Площадка водопроводных сооружений. Граница первого пояса зоны территории водопроводных сооружений совпадает с ограждением площадки и должна быть на расстоянии:

от резервуаров чистой воды, фильтров, контактных осветлителей — не менее 30 м;

от стен сооружений и стволов водонапорных башен — не менее 15 м.

Санитарно-защитная полоса вокруг ограждения водопроводных сооружений, расположенных за пределами второго пояса зоны источника водоснабжения, должна иметь ширину не менее 100 м.

На площадках водопроводных сооружений должны предусматриваться санитарные мероприятия по благоустройству, созданию сторожевой охраны, глухое ограждение высотой 2,5 м. Допускается предусматривать глухое ограждение высотой 2 м и на 0,5 м из колючей проволоки или металлической сетки, что изложено в СНиП 2.04.02—84.

Водоводы. В зонах санитарно-защитной полосы водоводов должны отсутствовать уборные, помойные ямы, навозохранилища, приемники мусора и др., создающие условия загрязнения почвы и грунтовых вод.

Запрещается строительство водоводов по территории свалок, полей ассенизации, полей фильтрации, земледельческих полей орошений, кладбищ, скотомогильников, промышленных и сельскохозяйственных предприятий.

Ширина защитной полосы, проходящей по незастроенной территории, принимается от крайних водоводов:

при наличии сухих грунтов — не менее 10 м при диаметре до 1000 мм и не менее 20 м при больших диаметрах;

в мокрых грунтах — не менее 50 м независимо от диаметра.

Допускается уменьшать санитарно-защитную полосу водоводов при строительстве трубопроводов по застроенным территориям с обязательным согласованием с органами санитарно-эпидемиологической службы.

Санитарно-защитные зоны канализационных сооружений. Санитарно-защитные зоны от канализационных очистных сооружений до границ жилой застройки, до участков общественных зданий и предприятий пищевой промышленности следует определять с учетом их перспективного развития.

Канализационные очистные сооружения должны быть удалены от населенных пунктов на расстояния, указанные в табл. 1.1.

При пользовании указанной таблицей следует учитывать следующее:

Таблица 1.1. Санитарно-защитные зоны для канализационных очистных сооружений

Наименование сооружений	Санитарно-защитные зоны, м, при расчетной производительности сооружений, тыс. м³/сут			
	до 0,2	более 0,2 до 0,5	более 5 до 50	более 50 до 280
Сооружения механической и биологической очистки с иловыми площадками для сброженных осадков, а также отдельно расположенные иловые площадки	150	200	400	500
Сооружения механической и биологической очистки с термомеханической обработкой в закрытых помещениях	100	150	300	400
Поля фильтрации	200	300	500	1000
Поля орошения	150	200	400	1000
Биологические пруды	200	200	—	—
Сооружения с циркуляционными окислительными каналами	150	—	—	—
Насосные станции	15	20	20	30

санитарно-защитные зоны для канализационных очистных сооружений производительностью более 280 тыс. м³/сут, а также при отступлении от принятой технологии очистки сточных вод и обработки осадка устанавливаются по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы и Госстроем СССР;

при отсутствии иловых площадок на территории очистных сооружений производительностью более 0,2 тыс. м³/сут размер зоны сокращается на 30 %;

для полей фильтрации площадью до 0,5 га и для сооружений механической и биологической очистки производительностью до 50 м³/сут санитарно-защитную зону следует принимать размером 100 м;

для полей подземной фильтрации пропускной способностью менее 15 м³/сут санитарно-защитную зону следует принимать размером 15 м;

при фильтрующих траншеях и песчано-гравийных фильтрах санитарно-защитные зоны следует принимать размером 25 м, в септиках и фильтрующих колодцах — соответственно 5 и 8 м, в аэрационных установках на полное окисление — 50 м;

санитарно-защитные зоны, указанные в приведенной выше таблице, допускается увеличивать, но не более чем в 2 раза в случае расположения жилой застройки с подветренной стороны по отношению к очистным сооружениям или уменьшать не более чем на 25 % при наличии благоприятной розы ветров;

при сушке на иловых площадках сырого (несброженного) осадка или при хранении его в шламонакопителях санитарно-

защитные зоны необходимо устанавливать по согласованию с местными органами санитарно-эпидемиологической службы.

Для определения границ первого, второго и третьего пояса зон санитарной охраны следует руководствоваться требованиями СНиП 2.04.02—84.

Глава II. ОРГАНИЗАЦИЯ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СЛУЖБЫ

§ 1.5. Основные задачи диспетчеризации и структура диспетчерской службы

Для обеспечения надежной и бесперебойной работы систем водоснабжения, водоотведения и газоснабжения с оптимальными санитарными и технико-экономическими показателями необходимы четкая координация и взаимная увязка отдельных составляющих элементов этих систем. Для этого применяется единая централизованная система управления, обеспечиваемая диспетчерской службой (ДС).

Диспетчеризация — это централизация (концентрация) оперативного управления и контроля в руках одного человека — диспетчера — для согласования работы отдельных звеньев, составляющих общий производственный комплекс сетей и сооружений.

В зависимости от степени автоматизации диспетчерского управления все объекты системы водоснабжения, канализации и газоснабжения могут быть разделены на три группы:

полностью автоматизированные без диспетчерского управления агрегатами;

полностью автоматизированные с дублированием управления основными агрегатами с диспетчерского пункта;

с частичной автоматизацией и диспетчерским управлением основными агрегатами (возможно и неавтоматизированное диспетчерское управление).

В соответствии со схемой водоснабжения, канализации, газоснабжения и их технологическим процессом диспетчерская служба может быть:

одноступенчатой, при которой имеется районный диспетчерский пункт (РДП), оперативно управляющий работой как всех сооружений и агрегатов, входящих в систему, так и сетью;

двухступенчатой — с центральным диспетчерским пунктом (ЦДП) и местными диспетчерскими пунктами (МДП); местные диспетчерские пункты ведают работой отдельных сооружений, а ЦДП координирует работу МДП;

трехступенчатой, включающей ЦДП, районные диспетчерские пункты РДП, управляемые ЦДП и МДП, находящиеся в ведении РДП.

Выбор схемы диспетчеризации зависит от местных условий и определяется схемой и масштабами водоснабжения, канализа-

ции и газоснабжения. Одноступенчатую схему диспетчеризации применяют в городах с малой протяженностью сетей водоснабжения, канализации и газоснабжения (до 50 км), двухступенчатую — в городах с большой протяженностью сетей. При протяженности сети 50—400 км организуются ЦДП и местные диспетчерские пункты головных и других сооружений (МДПГС). При протяженности более 400 км организуются местные диспетчерские пункты сети МДПС. Они располагаются обычно в центре отдельных районов водопроводной сети города. В их задачу входят управление распределением потоков воды в зависимости от давления и контроль за давлением во всей сети данного района.

ЦДП располагается в центре системы, например, водоснабжения, или на территории головных сооружений. Он оперативно управляет работой всех МДП, входящих в систему. МДП головных сооружений располагается на территории головных сооружений и осуществляет управление и контроль за работой насосных станций (первого и второго подъема) и очистных сооружений, а также за уровнем воды в резервуарах чистой воды.

В двухступенчатую схему диспетчерского управления системы канализации крупного города, кроме ЦДП, обычно входят МДП районных насосных станций перекачек сточных вод и сети, а также МДП главной насосной станции и очистных сооружений.

Трехступенчатая схема диспетчерской службы применяется в исключительных случаях — для особо крупных городов и сложных систем водоснабжения, канализации.

Общая схема организации диспетчерской службы (ДС) показана на рис. 1.1. На рис. 1.2 приведена схема организации ДС для Ленинградского водопровода.

В последние годы внедряются автоматизированные системы управления (АСУ) в водопроводно-канализационном хозяйстве. В АСУ применяются современные автоматические средства обработки данных при помощи электронно-вычислительных машин (ЭВМ), позволяющие регистрировать, накапливать и отображать информацию и при помощи экономико-математических методов решать основные задачи управления (Москва, Харьков и др., табл. 1.2).

Разновидностью АСУ является автоматическая система управления технологическими процессами (АСУТП), которая предназначена для повышения эффективности управления основной деятельностью объектов водоснабжения и канализации. Эта задача осуществляется путем оперативного контроля технологических режимов подъема воды, ее обработки, подачи и распределения или водоотведения и оптимального управления этими процессами с использованием средств вычислительной техники.

Общим критерием системы управления является минимум эксплуатационных затрат на обработку воды при выполнении заданных требований на качество очищаемой воды, бесперебой-

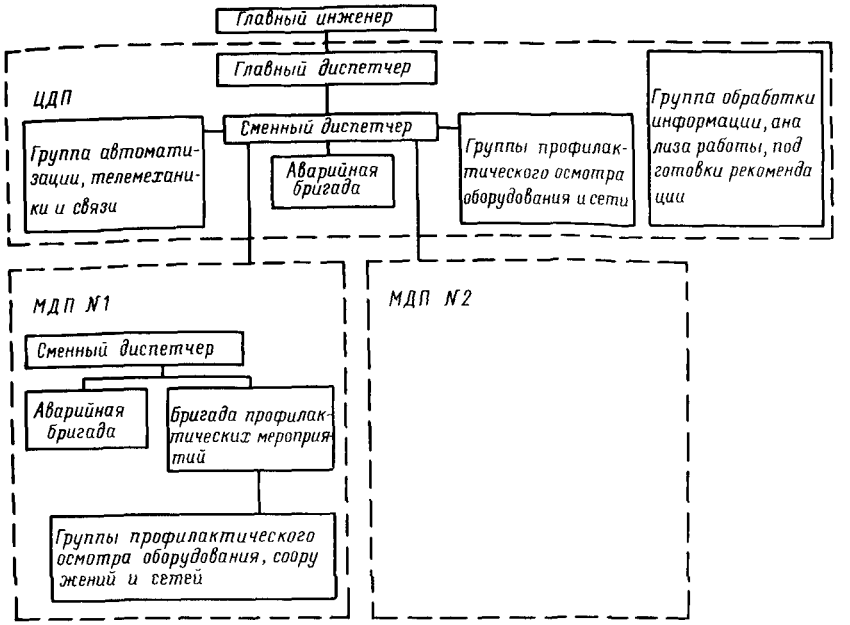


Рис. 1.1. Общая схема организации диспетчерской службы

Таблица 1.2. Оборудование для обработки эксплуатационных данных при помощи ЭВМ

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Стоимость, тыс. руб.
УВК 1 (Управляющий вычислительный комплекс на базе СМ 2М)	Для обработки и отображения информации, собранной с объектов	300,0
УВК 2 (Управляющий вычислительный комплекс на базе СМ 2М)	То же	250,0
РМОТ (Рабочее место оператора-техиолога)	Для сбора и первичной обработки информации и связи объекта с управляющим вычислительным комплексом	100,0
ТВСО (Терминал вычислительной связи с объектом)	Для связи объекта с управляющим вычислительным комплексом	400,0
УВТК УН (Управляющий вычислительный телемеханический комплекс унифицированный)	Для обеспечения сбора информации по зоне водоснабжения и передачи ее на управляющий вычислительный комплекс	350,0

Примечание. УВК 1, УВК 2, РМОТ и ТВСО выпускаются в г Северодонецке; УВТК УН — в г Житомире

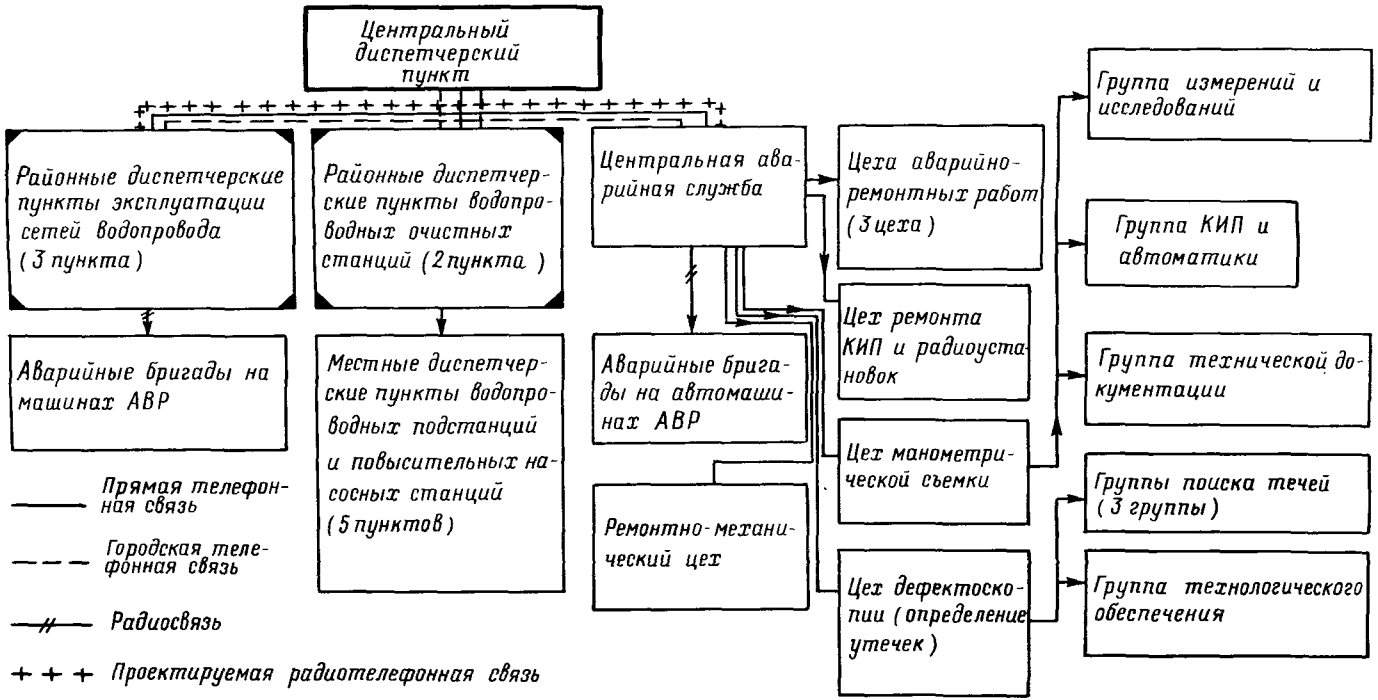


Рис. 1.2. Структура диспетчерской службы управления «Водоканал» Ленгорисполкома

ное обеспечение потребителей водой питьевого качества и водоотведение.

АСУТП должна функционировать в информационно-советующем режиме, при котором средства вычислительной техники осуществляют централизованный сбор, обработку и выдачу данных обслуживающему персоналу в удобной форме, а также формируют и выдают диспетчеру рекомендации по оптимальному ведению технологических процессов в зависимости от ситуации на производстве.

Для формирования и передачи информации от задатчиков первичных приборов, преобразователей и т. п. на ЦДП, а также для передачи управляющих команд к регуляторам и исполнительным механизмам применяется комплекс средств телемеханики типа УВТК-УН, разработанный в качестве единой унифицированной системы для объектов жилищно-коммунального хозяйства.

Обмен информацией со смежными системами управления осуществляется по каналам межпроцессорной связи, а на случай отказа в системе энергоснабжения часть информации должна храниться в энергозащитном участке памяти для ведения дальнейших расчетов.

Для каждого технологического цикла производства имеются следующие осиовные функции.

1. Информационно-вычислительные:

сбор и первичная обработка информации;

контроль работы оборудования;

контроль за состоянием технологических режимов, включающий контроль отклонения параметров;

диагностика нарушений технологических режимов;

оперативный учет и расчет техиико-экономических показателей;

формирование и выдача информации на печать и дисплейный модуль для оперативного персонала и руководство станции по иниициативе системы и по вызову;

формирование и выдача информации в автоматическую систему организационного управления (АСОУ);

2. Управляющие:

регулирование отдельных технологических переменных;

дистанционное управление осиовными агрегатами;

прогнозирование хода технологического процесса;

определение рационального режима технологического процесса;

формироваиие и выдача диспетчеру рекомендаций по оптимальному ведению технологических процессов;

3. Контроль оборудования:

расчет времени простоя оборудования за смену, сутки и т. д.;

расчет времени работы оборудования до профилактического ремонта;

формирование и выдача на печать информации о работе оборудования;

4. Расчет и учет технико-экономических показателей:

учет расхода воды по трубопроводам (по станциям, по зонам, по городу), запас воды в емкостях, расход электроэнергии, реагентов, расход воды на собственные нужды, отклонение давления в контрольных точках на трубопроводах по часам суток от заданного режима;

расчет технологической себестоимости воды по станциям, подачи и распределения ее по разводящей сети;

5. Прогнозирование хода технологического процесса:

расчет прогнозируемого графика подачи и распределения воды по трубопроводам системы водоснабжения;

расчет требуемых напоров и подачи воды в сеть;

расчет оптимального графика работы насосного оборудования;

расчет уровней заполнения и срабатывания воды в емкостях;

расчет распределения воды по магистральным трубопроводам.

Основными функциями диспетчеров являются:

контроль за ходом производства на основании информации, получаемой из управленческого вычислительного комплекса;

контроль за функционированием задач управления;

управление производством;

организация локализации повреждений трубопроводов, анализ повреждений, применение режима подачи и распределения воды при аварийных ситуациях;

повышение надежности работы как всей системы, так и отдельных ее узлов;

реализация функций управления диспетчера с помощью операторов.

В административно-техническом отношении диспетчер подчиняется начальнику объекта, а в оперативном отношении — диспетчеру вышестоящей диспетчерской службы; последняя должна быть оснащена техническими средствами автоматического управления, основными элементами сооружений, а также телеуправлением и телесигнализацией, телеизмерением, прямой телефонной связью и дисплеями.

В состав диспетчерской службы входит оперативная группа, состоящая из главного диспетчера, его помощника по технологической части и сменных диспетчеров, а также разные службы, например аварийно-ремонтная и транспорта, лаборатория автоматики и контроля (ЛАК), служба электросвязи.

На небольших предприятиях водоснабжения, канализации и газоснабжения указанные группы и службы могут быть объединены, а некоторые исключены.

При авариях и экстренных работах в случае отсутствия групп и служб, указанных выше, ЦДП и МДП пользуются резервными агрегатами и транспортом аварийных участков и служб. На МДП должен храниться комплект оперативных схем и чертежей дан-

ного узла системы водоснабжения, канализации или газоснабжения.

Центральная диспетчерская служба корректирует предварительно разработанные:

режим работы основного оборудования с учетом необходимости обеспечения суточного максимума водоснабжения, газоснабжения или пропуска сточных вод, а также требуемого резерва производительности сооружений;

расчетный объем запасов воды в емкостях и распределение потоков воды или газа;

суточный график горячего резерва как всей системы водоснабжения и канализации, так и отдельных узлов оборудования.

Диспетчеру ЦДП передаются показания основных параметров главных объектов: давление, уровни воды, количество газа в подземных газохранилищах, расходы воды, газа, горизонты воды в источниках водоснабжения, положение главных оперативных задвижек, аварийное состояние и пр. К диспетчеру МДП поступают сигналы о рабочем состоянии насосных агрегатов и уровней воды в емкостях, основные показания как электрических, так и неэлектрических измерительных приборов.

Диспетчеру МДП поручается дистанционное включение и выключение агрегатов, а также дистанционное управление оперативными задвижками.

Ни один элемент оборудования, находящийся в управлении или в ведении диспетчера, не может быть выведен из работы или резерва без его разрешения, кроме случаев возникновения явной опасности для людей или оборудования. Все распоряжения диспетчер должен давать непосредственно подчиненному ему оперативному персоналу, а для объектов с автоматическим управлением — уполномоченным лицам.

Каждая система водоснабжения, канализации и газоснабжения должна иметь «Положение о диспетчерской службе», специально для нее разработанное на основании изложенных выше положений с учетом конкретных местных условий.

§ 1.6. Лаборатория автоматики и контроля

Контроль работы, наладка и ремонт приборов и аппаратов автоматики и телемеханики, а также измерительных приборов в крупных системах водоснабжения, канализации или газоснабжения осуществляются лабораторией автоматики и контроля (ЛАК). На мелких предприятиях ЛАК не организуется (эти работы поручаются на договорных началах какой-либо местной лаборатории автоматики и телемеханики).

ЛАК организует также капитальный и текущий ремонт, проверку и наладку приборов, проводит работу по внедрению новых

схем и аппаратов, а также осуществляет контроль за качеством и сроками выполнения этих работ.

ЛАК должна иметь следующее оборудование:

образцовые и контрольные приборы, а также переносные установки для проверки и наладки контрольно-измерительных приборов и автоматических регуляторов;

стенды, оборудованные контрольными приборами, для проверки эксплуатационных приборов и настройки автоматических устройств;

материалы и инструменты для текущего и капитального ремонтов приборов и аппаратуры автоматов.

Раздел второй

ВОПРОСЫ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Глава I. ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ В СИСТЕМАХ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

§ 2.1. Основные понятия теории надежности, цели и задачи

Теория надежности (надежность) как самостоятельное направление науки начала развиваться совсем недавно. Слово «надежность» до этого определяло чисто качественное состояние чего-либо.

Усложнение современной техники, увеличение ее мощи, возрастание требований к конечному продукту потребовало создания специальной науки «Теория надежности», с помощью которой возможно количественное определение показателей надежности работы и эксплуатации сооружений и устройств в отдельности и систем в целом.

Обеспечение надежности работающих сооружений (объектов) и выпускаемой продукции стало одной из важнейших общегосударственных задач прежде всего потому, что ненадежность наносит огромный экономический и порой экологический ущерб народному хозяйству, связанный с затратами на ремонт, с недодачей или потерями продукции, с содержанием технического персонала, не говоря уже об угрозе безопасности и здоровью людей, о политических и моральных факторах, которые невозможно учесть обычными экономическими показателями.

Практический опыт показывает, что в большинстве случаев для рассматриваемых систем выгоднее предусмотреть дополнительные средства на обеспечение требуемой надежности на первоначальном этапе (т. е. на этапе проектирования), чем расплачиваться дополнительными эксплуатационными затратами (ненадежностью в последующем).

Целью изучения и внедрения надежности в производство и производственные процессы является создание условий устойчивой работы объектов за определенный период времени, исключение аварийных ситуаций, повышение качества выпускаемой продукции и, в конечном счете, повышение экономичности работы различных устройств и предприятий в целом. Недаром в настоящее время говорят, что надежность является родной сестрой экономичности.

В соответствии с ГОСТ 27.002—83 надежность как техническое понятие для названных систем может быть сформулировано

так: свойство устройств, сооружений, систем и объектов в целом, а также изделий (продуктов) выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения нормируемых (расчетных) эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

В понятие надежности входит не только определение сроков службы тех или других технических устройств и сооружений, но и выявление направлений, с помощью которых возможно продление уже установленных сроков их эксплуатации.

Надежность как наука занимается решением таких задач:

изучением критериев и количественных характеристик надежности;

исследованием методов анализа надежности;

разработкой методов испытания оборудования на надежность;

разработкой научных методов эксплуатации объектов.

Определение надежности, принятое в СССР, является сложным понятием, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения в общем включает безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость. В названные характеристики вкладывается следующий смысл:

б е з о т к а з н о с т ь — свойство сооружений и систем сохранять работоспособность в течение определенного времени или некоторой наработки; для большинства видов оборудования, сооружений и систем эта характеристика является основной и оценивается вероятностью безотказной работы $P(\tilde{t})$, интенсивностью отказов $\lambda(\tilde{t})$, средней выработкой до отказа $\tilde{t}$, параметром потока отказов $\omega(\tilde{t})$, средней наработкой на отказ $\tilde{t}_{ср}$ и γ-процентной наработкой до отказа $\tilde{t}_{\gamma}$;

д о л г о в е ч н о с т ь — свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния (после которого применение по назначению недопустимо или нецелесообразно) при установленной системе обслуживания и ремонта; долговечность характеризуется средним ресурсом (срок службы) $t_р$, γ-процентным ресурсом $t_{\gamma р}$, назначенным ресурсом $t_н$, средним сроком службы $t_{ср}$, γ-процентным сроком службы $t_{\gamma с}$, назначенным сроком службы $t_{н.с}$;

р е м о н т о п р и г о д н о с т ь — свойство или приспособленность сооружений и систем к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов; этот параметр характеризуется вероятностью восстановления работоспособного состояния $P(\tilde{t}_в)$, средним временем восстановления работоспособного состояния $\tilde{t}_в$;

с о х р а н я е м о с т ь — свойство сооружений и систем сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтопригодности в течение и после хранения или транспорти-

рования; сохраняемость характеризуется средним сроком сохраняемости $\bar{t}$, γ-процентным сроком сохраняемости $\bar{t}_\gamma$.

Значения параметров приведены ниже.

Вероятность безотказной работы $P(t)$ в пределах заданной наработки (T_0) определяется из предположения, что в начальный момент времени исчисления заданной наработки t_0 объект был работоспособен:

$$P(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t)\,dt, \tag{2.1}$$

где $F(t)$ — функция распределения наработки до отказа (при $t = \infty$ $\int_0^\infty f(t)\,dt = 1$).

Экспериментально вероятность определяется из выражения

$$P(t) = \lim_{\substack{\Delta t \to 0 \\ N_0 \to \infty}} \left(N_0 - \sum_{i=1}^{\Delta t,\, t} n_i \right) \Big/ N_0, \tag{2.2}$$

где N_0 — число однотипных видов оборудования, за которым велось наблюдение в течение времени t; $\sum_{i=1}^{\Delta t,\, t} n_i$, или $n(t)$ — число отказавших элементов за время t; Δt — принятая продолжительность интервала времени; t — время, для которого определяется вероятность безотказной работы.

На практике пользуются формулой

$$P(t) = [N_0 - n(\Delta t)]/N_0. \tag{2.2'}$$

Надежность образцов может быть оценена по величине вероятности неисправной работы, т. е. по вероятности отказа:

$$Q(t) = F(t) = 1 - P(t), \tag{2.3}$$

или

$$Q(t) + P(t) = 1. \tag{2.3'}$$

Условная плотность вероятности $\lambda(t)$ возникновения отказа в интервале времени $(t,\ t + \Delta t)$ при условии, что до момента t оборудование работало исправно, может быть вычислена по формуле

$$\lambda(t) = f(t)/P(t). \tag{2.4}$$

На практике по статистическим данным условная плотность определяется по формуле

$$\lambda(t) = n(\Delta t)/N_{\text{ср}}\,\Delta t, \tag{2.5}$$

где $N_{\text{ср}}$ — среднее число исправно работающих образцов оборудования в начале и конце интервала времени Δt: $N_{\text{ср}} = (N_i + N_{i+1})/2$ (N_i и N_{i+1} — число исправно работающих образцов в начале и конце интервала времени Δt).

Время наработки T_o — продолжительность работы системы до первого отказа (ч):

$$T_o = 1/\lambda. \tag{2.6}$$

Частота отказов $a(t)$ есть плотность распределения времени работы оборудования от отказа (отношение числа отказавших элементов в единицу времени к числу элементов, первоначально установленных на испытание при условии, что отказавшие элементы не восстанавливаются и не заменяются новыми):

$$a(t) = f(t) = Q'(t) = -P'(t), \tag{2.7}$$

где $Q'(t)$ и $P'(t)$ — производные от вероятности отказа.

На практике $a(t)$ определяется по формуле

$$a(t) = n(\Delta t)/N_0 \Delta t. \tag{2.7'}$$

Средняя наработка до отказа $\bar{t}$ — математическое ожидание наработки объекта до первого отказа. Показатель $\bar{t}$ («средний ресурс», «средний срок службы», «средний срок сохраняемости») определяют по формуле

$$\bar{t} = \int_0^\infty t f(t)\,dt = \int_0^\infty t\,dF(t) = \int_0^\infty [1 - F(t)]\,dt = \int_0^\infty P(t)\,dt, \tag{2.8}$$

где $f(t)$ — плотность распределения наработки до отказа (ресурса, срока службы, срока сохраняемости); $F(t)$ — функция распределения наработки до отказа (ресурса, срока службы, срока сохраняемости).

Параметр потока отказов $\omega(t)$ — отношение среднего числа отказов восстанавливаемого объекта за произвольно малую его наработку к значению этой наработки. Параметр $\omega(t)$ используют в качестве показателя безотказности восстанавливаемых объектов, эксплуатация которых осуществляется по схеме: в начальный момент времени объект начинает работу и работает до отказа, после отказа восстанавливается до полной работоспособности, а затем вновь работает до отказа и т. д., при этом время восстановления не учитывается. В качестве характеристики потока отказов используют функцию $\Omega(t)$ данного потока — математическое ожидание числа отказов за время t:

$$\Omega(t) = \mathrm{M}[r(t)], \tag{2.9}$$

где M — символ математического ожидания; $r(t)$ — число отказов за время t.

Параметр потока отказов $\omega(t)$ является средним числом отказов, ожидаемых в малом интервале времени:

$$\omega(t) = \Omega'(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \mathrm{M}[r(t + \Delta t)] - \mathrm{M}[r(t)]/\Delta t. \tag{2.10}$$

Параметр потока отказов связан с ведущей функцией:

$$\Omega(t) = \int_0^t \omega(t)\,dt. \tag{2.10'}$$

Значение $\omega(t)$ часто называют средней частотой отказов. На практике она определяется по формуле

$$\omega(t) = n(\Delta t)/N(\Delta t)\,\Delta t, \tag{2.11}$$

где $N(\Delta t)$ — число наблюдаемых единиц оборудования в интервале времени Δt (оно в процессе испытаний остается постоянным, так как все отказавшее оборудование подлежит замене или ремонту).

Средняя наработка на отказ $t_{ср}$ — отношение наработки ремонтируемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки.

На практике $t_{ср}$ определяется по формуле

$$t_{ср} = \sum_{i=1}^{n} t_i/n, \tag{2.12}$$

где n — число единиц оборудования, отказавших за время t; t_i — время исправной работы оборудования между $i-1$ и i-м отказами.

Из определения следует, что наработка на отказ является средним временем между соседними отказами и равна величине, обратной средней частоте отказов:

$$t_{ср} = 1/\omega(t); \quad \lim_{t\to\infty}(t_{ср}) = T, \tag{2.13}$$

где T — среднее время безотказной работы оборудования:

$$T = M(t) = \int_0^{\infty} P(t)\,dt. \tag{2.14}$$

На практике для определения T по результатам опытов об отказах используют зависимость:

$$T = \sum_{i=1}^{N_0} t_i/N_0, \tag{2.14'}$$

где t_i — время работы до отказа i-го образца оборудования; t_γ — γ-процентная наработка (γ-процентный ресурс, γ-процентный срок службы, γ-процентный срок сохраняемости), до отказа — наработка, в течение которой отказ объекта не возникает с вероятностью γ, выраженной в процентах.

При $\gamma = 100\ \%$ γ-процентная наработка (ресурс, срок службы, срок сохраняемости) называется установленной безотказной наработкой (установленным ресурсом, установленным сроком службы, установленным сроком сохраняемости); при $\gamma = 50\ \%$ γ-процентная наработка (ресурс, срок службы, срок сохраняемости) называется медианной наработкой (ресурсом, сроком службы, сроком сохраняемости).

Средний ресурс (срок службы) $\bar{t}_р$ — математическое ожидание ресурса.

γ-процентный ресурс $t_{\gamma p}$ — наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью γ, выраженной в процентах.

Назначенный ресурс $t_н$ — суммарная наработка объекта, при достижении которой применение по назначению должно быть прекращено;

γ-процентный срок службы $t_{\gamma c}$ — календарная продолжительность от начала эксплуатации объекта, в течение которого он не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью γ, выраженной в процентах.

Календарная продолжительность эксплуатации объекта $t_{н.с}$, при достижении которой применение по назначению его прекращается.

Вероятность восстановления работоспособного состояния $P(t_в)$ — вероятность того, что время восстановления работоспособного состояния объекта не превысит заданного: $t_в \ll T_в$.

Среднее время восстановления работоспособного состояния $\bar{t}_в$ — математическое ожидание времени восстановления работоспособного состояния.

Средний срок сохраняемости $\bar{t}$ — математическое ожидание срока сохраняемости.

γ-процентный срок сохраняемости — срок сохраняемости, достигаемый объектом с заданной вероятностью γ, выраженной в процентах.

В теории надежности важнейшим понятием является понятие отказа. Отказ — событие, заключающееся в полной или частичной утрате работоспособности сооружений, оборудования или систем в целом, событие случайное, подчиненное законам теории вероятности. Под механизмом отказа понимают совокупность физических и химических процессов, приводящих к возникновению отказа. Классификация процессов приведена в табл. 2.1.

Распределение отказов во времени зависит от условий эксплуатации объекта. Типичная кривая изменения $\lambda(t)$ во времени показана на рис. 2.1. Эта кривая имеет три ярко выраженные части: часть I от 0 до t_1 характеризует начальный период эксплуатации объекта, т. е. период приработки его; в этот период происходит значительное количество отказов, в основном по производственным причинам (скрытые дефекты, небрежность монтажа и т. п.). Продолжительность этого периода зависит от типа устройства, оборудования, культуры

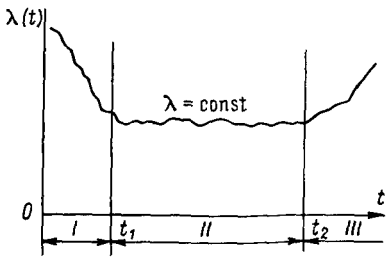


Рис. 2.1. Типичная кривая изменения интенсивности отказов во времени

Таблица 2.1. Классификация отказов

Признаки отказов	Определение отказа
1. Виды отказов по характеру их проявления	
По характеру возникновения	
Внезапный	Отказ, характеризующийся скачкообразным изменением значений одного или нескольких основных параметров
Постепенный	Отказ, характеризующийся постепенным изменением значений одного или нескольких основных параметров объекта
По взаимосвязи между собой	
Независимые	Отказ, не обусловленный повреждениями или отказами других элементов объекта
Зависимые	Отказ, обусловленный повреждениями или отказами других элементов объекта
По времени воздействия	
Полный	После отказа использование объекта по назначению до восстановления его работоспособности невозможно
Частичный	После возникновения отказа использование объекта по назначению возможно, но при этом значение одного или нескольких основных параметров находится вне допустимых пределов
По объему и характеру восстановления	
Расстройка	Отказ, определяемый нарушением взаимодействия между причинами и следствием действия на эти причины (например, несоответствие доз реагента изменившимся параметрам воды)
Повреждение	Отказ, приводящий к незначительному нарушению работоспособности
Авария	Отказ, приводящий к полному выходу объекта или отдельных элементов его
По способу устранения отказов	
Сбой	Самоустраняющийся отказ, характеризующийся кратковременной утратой работоспособности
Перемежающийся	Многократно возникающий сбой одного и того же характера
Невозвратные	Отказы, устраняемые внешними воздействиями
По повторяемости	
Систематические	Отказы определенного вида объектов, многократно возникающие по одной и той же причине и имеющие один и тот же механизм отказа
Несистематические	Отказы однократные и возникающие по разным причинам

Продолжение табл. 2.1

Признаки отказов	Определение отказа
II. Виды отказов по причинам их возникновения	
Отказы, связанные с людьми	
Конструкционные	Отказ, возникающий вследствие ошибок при конструировании или несовершенства конструкции
Производственные (технологические)	Отказ, возникающий вследствие нарушения или несовершенства процесса по изготовлению продуктов
Эксплуатационные	Отказ, возникающий вследствие нарушения установленных условий эксплуатации
Отказы, связанные с состоянием устройств, материала и т. п.	
Усталостный	Отказ, возникший вследствие усталостного разрушения материалов объекта
Из-за изнашивания	Отказ, возникающий вследствие изнашивания элементов изделия
Из-за старения	Отказ, возникающий вследствие влияния процесса старения материалов изделия
III. Виды отказов по ущербу	
Критический	Отказ, который создает опасность для людей и ведет к значительным материальным потерям
Значительный	Отказ, который не создает опасности для людей, но ведет к значительным материальным потерям
Незначительный	Отказ, при котором имеют место незначительные материальные потери

производства и других причин и, как правило, соответствует времени наладки; часть II (t_1—t_2) характеризует период рабочей (нормальной) эксплуатации объекта; для этого периода характерным свойством является $\lambda = \text{const}$; часть III ($t_2 \rightarrow$) характеризует период старения объекта; интенсивность отказов растет, и дальнейшая эксплуатация этого объекта нецелесообразна.

§ 2.2. Комплексные показатели надежности

Рассмотренные в § 2.1 характеристики эксплуатационной надежности позволяют осуществлять оценку безотказной работы объектов (устройств, оборудования, сооружений, систем) в процессе их эксплуатации и хранения. Но они не устанавливают соотношений между временными составляющими нормального цикла эксплуатации, не учитывают времени, затраченного на проведение регламентных и ремонтных работ, готовности систем к работе, удобства эксплуатации, технического использования оборудования и т. п. При длительной эксплуатации требуется

Таблица 2.2. Комплексные показатели надежности

Название и формула	Определение
Коэффициент готовности: $K_г = T_о/(T_о + T_в)$ (2.15)	Вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование изделий не предусматривается
Коэффициент технического использования: $K_{т.и} = T_о/(T_о + T_в + T_р)$ (2.16)	Отношение математического ожидания времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к сумме математических ожиданий времени пребывания объекта в работоспособном состоянии, времени простоев, обусловленных техническим обслуживанием, и времени ремонтов за тот же период эксплуатации
Коэффициент оперативной готовности: $K_{ог}(t) = K_г(t) \cdot P(t_x)$; (2.17) при $t \to \infty$ $K_{ог}(t) = K_г \cdot P(t_x)$; (2.17′) на практике $K_{ог} = n(t + t_x/t)/N$ (2.17″)	Вероятность того, что объект, находясь в режиме ожидания, окажется работоспособным в произвольный момент времени и, начиная с этого момента, будет работать безотказно в течение заданного интервала времени
Коэффициент сохранения эффективности $K_э = Q_т/Q_д$ (2.18)	Характеризует степень влияния отказов элементов объекта на эффективность его применения по назначению. Определяется отношением объема выпускаемой продукции при отсутствии отказов $Q_т$ к объему продукции, определяемому с учетом реальной надежности объекта ($Q_д$)
Коэффициент планируемого применения $K_{п.п} = (T_э - T_р)/T_э$ (2.19)	Отношение разности заданной продолжительности эксплуатации и математического ожидания суммарной продолжительности плановых технических обслуживаний и ремонтов за тот же период эксплуатации к значению этого периода
Коэффициент профилактики: $K_{пр} = T_в/T_р$ (2.20)	Отношение времени восстановления ко времени безотказной работы, взятых за один и тот же календарный срок
Коэффициент расхода элементов (оборудования): $K_э = (n_t + n_{нэ\,t})/N_t \cdot \Delta t$ (2.21)	Отношение числа отказавших и изъятых в процессе профилактических осмотров элементов, деталей, оборудования в единицу времени к общему числу их
Коэффициент вынужденного простоя: $K_{в.п} = T_в/(T_в + T_о)$; (2.22) $K_{в.п} = 1 - K_г$ (2.22′)	Отношение времени восстановления к сумме времени восстановления и безотказной работы объекта, взятых за один и тот же календарный срок
Коэффициент восстановления: $K_в = z_t/z_{ср} \cdot \Delta t$ (2.23)	Отношение числа восстановленных элементов в интервале времени Δt к произведению среднего числа неработающих элементов на интервал времени Δt

оценка состояния, в котором будет находиться объект по истечении времени t с учетом его ремонтопригодности и восстанавливаемости в процессе эксплуатации.

К настоящему времени предложено достаточно много коэффициентов. Ряд из них приведен в табл. 2.2.

В формулах, приведенных в табл. 2.2, приняты следующие обозначения: T_0 — наработка на отказ (время безотказной работы); $T_в$ — среднее время восстановления (включает время, затраченное на обнаружение отказа, восстановление неисправности, и время требуемой регулировки); $T_р$ — время, затраченное на проведение технического обслуживания; t — произвольно выбранный момент времени; t_x — время, в течение которого объект проработает безотказно, начиная с момента t; $n(t + t_x/t)$ — число образцов, которые были работоспособны в момент времени t' после начала эксплуатации и не отказали в интервале от t до $t + t_x$; N — общее число образцов оборудования, за которыми велось наблюдение; $T_э$ — заданная продолжительность эксплуатации; n_i — число отказов объектов из-за элементов i-го типа за определенный календарный срок; $n_{из\,i}$ — число элементов i-го типа, изъятых за время Δt в процессе профилактических осмотров и ремонтов изделия; N_i — общее число элементов в объекте; Δt — интервал времени, в течение которого велось или будет вестись наблюдение.

§ 2.3. Законы распределения случайных величин

Количественное определение надежности связано с природой возникновения отказа, которая, как уже указывалось, является результатом случайного совпадения ряда неблагоприятных факторов. Это положение приводит к заключению, что отказ является случайным событием. Случайность отказа состоит в случайности его наступления, т. е. во времени его возникновения и месте расположения события.

При определении количественного значения надежности вместо случайных событий пользуются случайными величинами, которые в результате опыта могут принять то или иное значение, причем неизвестно заранее, какое именно.

При изучении случайной величины рассматриваются два основных вопроса:

какое значение может принимать данная случайная величина;

насколько возможны те или иные значения этой случайной величины.

Если дается ответ на эти два вопроса, то это значит, что известно распределение этой случайной величины. Таким образом, наиболее полной характеристикой любой случайной величины является закон распределения.

Законом распределения случайной величины называется всякое соотношение, устанавливающее связь между

возможными значениями случайной величины и соответствующими им вероятностями.

Законы распределения времени между отказами позволяют достаточно просто определять все основные количественные характеристики надежности.

В действительных условиях содержания систем время между отказами простейших элементов и сложных систем подчиняется ряду определенных законов распределения: нормальному, экспоненциальному, биномиальному, Рэлея, γ-распределению, Вейбулла, логарифмическому, нормальному и др.

В теории надежности наиболее часто встречаются распределения, соответствующие экспоненциальному и нормальному законам.

Экспоненциальный закон достаточно хорошо описывает поведение как отдельных элементов, так и систем в целом при их нормальной эксплуатации, т. е. тогда, когда справедливо условие

$$\lambda(t) = \lambda = \text{const}. \tag{2.24}$$

При этом распределении параметр λ полностью определяет экспоненциальное распределение. Характеристики надежности в этом случае будут иметь вид:

вероятность безотказной работы

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t)\,dt} \tag{2.25}$$

интенсивность отказов

$$\lambda(t) = a(t)/P(t); \tag{2.26}$$

частота отказов

$$a(t) = \lambda(t)\, e^{-\int_0^t \lambda(t)\,dt} \tag{2.27}$$

Исходя из (2.24), получим

$$P(t) = e^{-\lambda t}; \quad Q(t) = 1 - e^{-\lambda t}; \quad a(t) = \lambda e^{-\lambda t}. \tag{2.28}$$

При $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$ средняя частота отказов восстанавливаемых систем и среднее время между соседними отказами соответственно равны интенсивности отказов и среднему времени безотказной работы:

$$\omega(t) = \lambda(t) = \lambda = \text{const}: \tag{2.29}$$

$$t_{\text{ср}} = T. \tag{2.30}$$

Среднее время безотказной работы

$$T = \int_0^\infty e^{-\lambda t}\,dt = (-1/\lambda)\, e^{-\lambda t}\Big|_0^\infty = 1/\lambda. \tag{2.31}$$

Тогда из (30) и (31) следует:

$$P(t) = e^{-\lambda t} = 1/e = 0{,}37,$$

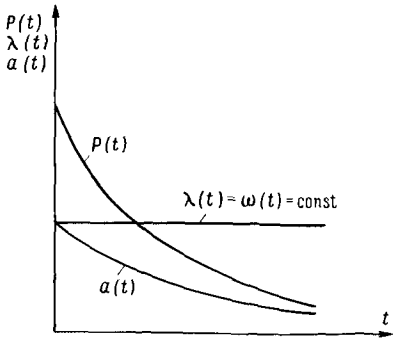


Рис. 2.2. Зависимости $P(t)$, $\lambda(t)$, $a(t)$ для экспоненциального закона

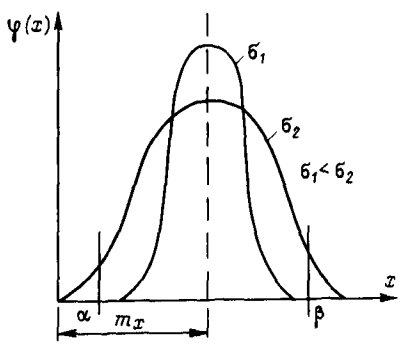


Рис. 2.3. Кривая плотности распределения для нормального закона

т. е. при экспоненциальном законе распределения среднее время безотказной работы — это время, в течение которого вероятность безотказной работы уменьшается в e раз.

Графики функций $P(t)$, $\lambda(t)$, $a(t)$ и $\omega(t)$ показаны на рис. 2.2.

Нормальный закон распределения (кроме этого названия, в литературе встречаются и такие названия: «кривая ошибок», «вероятностная кривая», «кривая Гаусса», «кривая Лапласа», «колоколообразная кривая») так же широко применим, как и экспоненциальный закон. Нормальное распределение возникает тогда, когда на исследуемую величину действует сумма многих случайных факторов, каждый из которых вносит незначительный вклад в суммарное значение отклонения величины от ее среднего значения. Размах распределения зависит от вызвавшей его системы факторов. Этому закону подчиняется большинство непрерывных случайных величин, зависящих от большого числа факторов: например, изнашивание многих деталей под действием сил трения, отклонения в размерах деталей, ошибки измерений, наработка на отказ, рассеивание снарядов, размеры пузырьков газа при флотации и т. п.

Нормальную кривую (рис. 2.3) описывает следующее выражение:

$$y = 1/(\sigma\sqrt{2\pi})\, e^{-(x-m)^2/2\sigma^2}, \quad (2.32)$$

где y — исследуемая функция; σ^2 — дисперсия; σ — среднее квадратическое отклонение; m — математическое ожидание случайной величины x (среднее значение нормального распределения).

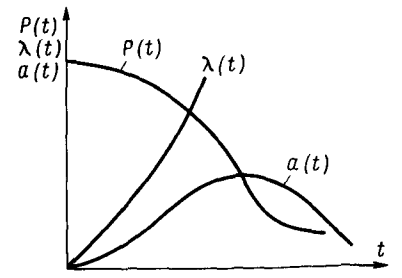


Рис. 2.4. Зависимость $P(t)$, $\lambda(t)$ и $a(t)$ для нормального закона

Как видно из формулы (2.32), нормальное распределение зависит от двух параметров — m и σ. Вид основных характеристик надежности для нормального закона распределения времени между отказами приведен на рис. 2.4.

Рассмотренные законы распределения времени возникновения отказов в большинстве случаев характеризуют надежность сложной системы лишь на ограниченных участках времени ее работы. Так, например, время возникновения отказов на участке приработки (см. рис. 2.1) может подчиняться γ-распределению, или закону Вейбулла, на участке нормальной работы — экспоненциальному закону, а на участке старения — нормальному закону.

Глава II. МЕТОДЫ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ И ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

§ 2.4. Основы расчета надежности

Оценка надежности систем с помощью математического аппарата заключается в определении закономерностей распределения случайных величин (отказов).

Определение закономерностей производится, как правило, путем проведения экспериментов или сбора данных по наблюдению за поведением системы и ее элементов в течение длительного времени.

Вероятность безотказной работы $P(t) = e^{-\lambda t}$ представляет значения чисел от 0 до 1 за промежуток времени t. Если $\lambda t \ll 1$, то система является высоконадежной. При малых значениях λt выражение вероятности безотказной работы может быть разложено в ряд:

$$P(t) = 1 - \lambda t + (\lambda t/2)^2 - \cdots \qquad (2.33)$$

При значениях $\lambda t \ll 1$ можно ограничиться первыми двумя членами, т. е.

$$P(t) = 1 - \lambda t. \qquad (2.34)$$

При экспериментальном испытании образцов в заводских или полигонных условиях расчет вероятности безотказной работы осуществляется по формуле (2.2).

Надежность систем рассчитывается или устанавливается на этапах проектной (конструкторской) разработки, заводских (полигонных) испытаний или при повседневной эксплуатации на объектах.

При расчете надежности, как и при других расчетах, используются или налагаются некоторые ограничения. В частности, при расчетах с учетом внезапных отказов поток их (т. е. последовательность отказов, следующих один за другим в случайные моменты времени) в системе предполагается простейшим. Это значит, что поток отказов удовлетворяет одновременно усло-

виям стационарности, отсутствия последействия и ординарности. В эти понятия вкладывается такой смысл:

стационарность случайного процесса означает, что на любом промежутке времени Δt вероятность возникновения определенного числа отказов зависит только от λ и величины промежутка Δt, но не изменяется от сдвига Δt по оси времени;

отсутствие последействия означает, что вероятность наступления определенного числа отказов (n) в течение Δt не зависит от того, сколько было отказов до этого и как они распределялись;

ординарность потока отказов означает невозможность появления в один и тот же промежуток времени более одного отказа.

При принятии этих условий отказы элементов любой системы являются событиями случайными и независимыми, а вероятность безотказной работы системы

$$P(t) = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \ldots \cdot P_N = \prod_{i=1}^{N} P_i(t), \tag{2.35}$$

где P_i — вероятность безотказной работы i-го элемента; N — число элементов системы.

Выражая $P(t)$ через интенсивность отказов, будем иметь

$$P_c(t) = e^{-t\sum_{i=1}^{N}\lambda_i} = e^{-t\lambda_c}, \tag{2.36}$$

где λ_c — интенсивность отказов системы.

Другие количественные характеристики будут выражаться так: среднее время безотказной работы системы

$$T_c = 1\Big/\left(\sum_{i=1}^{N}\lambda_i\right) = 1/\lambda; \tag{2.37}$$

частота отказов

$$a_c(t) = \sum_{i=1}^{N}\lambda_i e^{-t\sum_{i=1}^{N}\lambda_i} \tag{2.38}$$

и т. д.

При расчетах также принимается, что однотипные элементы равнонадежны. Расчет надежности сложной системы рекомендуется вести по узлам (блокам), конструктивно оформленным в одно целое. Такой подход позволяет сравнивать узлы по надежности, выявляя при этом слабые места системы, что дает возможность их совершенствования.

При анализе статистических данных об отказах отдельных элементов, составляющих систему, может быть установлено, что λ лежит в определенных пределах, колеблясь от $\lambda_{\text{мин. с}}$ до $\lambda_{\text{макс. с}}$. В этом случае $P_c(t)$ будет иметь вид, показанный на рис. 2.5.

Расчет надежности рекомендуется осуществлять в следующей последовательности: рассматривается принципиальная схема системы, изучается ее функционирование и связь между отдель-

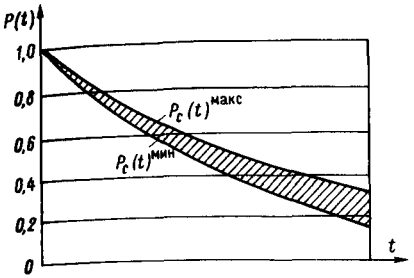


Рис. 2.5. Зависимость $P(t)$ от времени при минимальном и максимальном значении интенсивности отказов

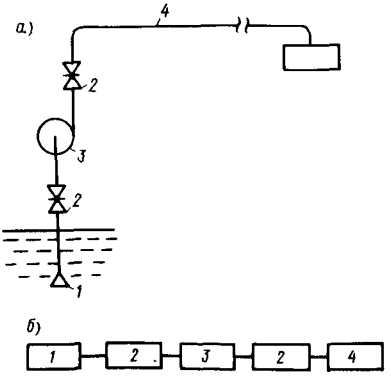


Рис. 2.6. Расчетная схема по определению $P(t)_c$

а — принципиальная схема системы; *б* — структурная схема системы; *1* — приемный клапан; *2* — задвижки, $d = 250$ мм; *3* — насос; *4* — водовод, $L = 500$ м

ными элементами системы; сложные системы разбиваются на подсистемы, которые, в свою очередь, делятся на группы (агрегаты), узлы (блоки); дается формулировка отказа; составляется структурная схема для расчета; составляется таблица расчета надежности; на основании данных таблицы вычисляются количественные характеристики блоков, подсистем и системы в целом.

Говоря о схемах, следует дать определение принципиальным (фуикциональным) и структурным (логическим) схемам.

В первых системах показываются реальные связи между элементами системы: технологические, кинематические, электрические и т. п. В этих схемах каждый элемент отражает конкретную технологическую принадлежность.

Во вторых системах показываются лишь те связи, которые по своему смыслу отражают надежность системы при выполнении ею заданных функций. Каждый элемент обозначается условным значком и не отражает конкретного функционального назначения.

Пример 1. Определить $P(t)$ работы системы через 100 ч и через 1 год. Интенсивность отказов $\lambda_c = 5 \cdot 10^{-4}$, $ч^{-1}$.

Р е ш е н и е:

а) $t = 100$ ч; $\lambda t = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 100 = 5 \cdot 10^{-2} \ll 1$; применяем упрощенную формулу:

$$P(100) = 1 - \lambda t = 1 - 5/100 = 0{,}95, \text{ или } 95\ \%;$$

б) $t = 1$ год ($\sim$8000 ч); $\lambda t = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 8000 \gg 1$; упрощенная формула не может быть применена:

$$P(8000) = e^{-\lambda t} = e^{-(5 \cdot 10^{-4} \cdot 8 \cdot 10^{3})} = 1/54 = 0{,}0180, \text{ или } 1{,}8\ \%.$$

Пример 2. Определить суммарное значение интенсивности отказов λ_c и вероятности безотказной работы через 100, 1000, 2000, 4000, 8000 ч непрерывной работы.

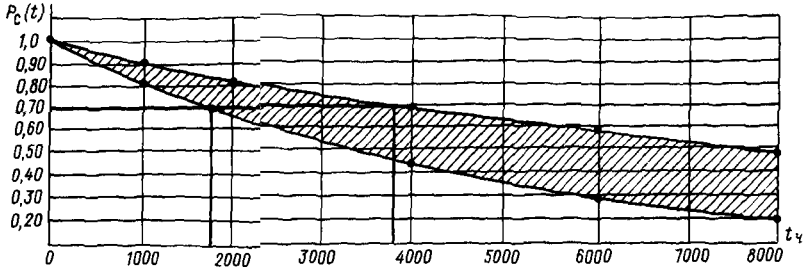


Рис. 2.7. Определение предела гарантированной работы

Р е ш е н и е:

а) принципиальная схема рассматриваемой системы показана на рис. 2.6, *а*;

б) структурная схема имеет вид, показанный на рис. 2.6, *б*;

в) формулировка отказа: $P(t) \gg 0{,}7$. Снижение вероятности безотказной работы менее 0,7 считать отказом системы;

г) составление таблицы надежности системы;

д) определение вероятности безотказной работы системы при интенсивности отказов $\lambda_c(t) = \sum \lambda_i(t) \cdot N_i = 0{,}94 \cdot 10^{-4} \div 2{,}06 \cdot 10^{-4}$, или $0{,}94 \cdot 10^{-4} < \lambda_c(t) < 2{,}06 \cdot 10^{-4}$.

Оценка осуществляется по формулам: $P_c(t) = 1 - \lambda t$ и $P_c(t) = e^{-\lambda t}$ для интервалов времени $t = 100$, 1000, 2000, 4000 и 8000 ч. Результаты расчетов сведены в табл. 2.4.

Время гарантированной работы, обеспечивающее предельное значение вероятности безотказной работы, колеблется от 1800 до 3800 ч (рис. 2.7). Значения интенсивности отказов отдельных элементов санитарно-технических систем приведены в табл. 2.5. В результате анализа изменений вероятностных характеристик системы можно получить представление об условиях ее эксплуатации с заданной степенью надежности в различные сроки службы.

Т а б л и ц а 2.3. Расчет интенсивности отказов системы

Наименование конструктивных элементов в системе	Число элементов	$\lambda_{мин}$	$\lambda_{макс}$	$\lambda_{мин} \cdot N_i$	$\lambda_{макс} \cdot N_i$
Приемный клапан, $\lambda \cdot 10^6$, $ч^{-1}$	1	0,02	0,08	0,02	0,08
Задвижки, $\lambda \cdot 10^6$, $ч^{-1}$	2	0,01	0,04	0,02	0,08
Насос с электроприводом типа К, $\lambda \cdot 10^6$, $ч^{-1}$	1	0,60	1,00	0,60	1,40
Трубопровод чугунный, $\lambda \cdot 10^6$ $(ч \cdot км)^{-1}$ ($d = 250$ мм, $L = 500$ м)	0,5	0,60	1,00	0,30	0,50
Итого				0,94	2,06

Таблица 2.4. Расчет надежности системы

Время, при котором определяется $P_c(t)$	$P_c(t)$ при $\lambda_c(t)$		Значение произведения λt
	$\lambda_{мин}$	$\lambda_{макс}$	
100	0,9906	0,9794	$\lambda t = 2{,}06 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{3} \ll 1$
1000	0,9099	0,8130	$\lambda t = 2{,}06 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{3} < 1$
2000	0,8200	0,6620	$\lambda t = 2{,}06 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{3} < 1$
4000	0,6820	0,4405	$\lambda t = 1{,}06 \cdot 10^{-4} \cdot 4 \cdot 10^{3} \approx 1$
8000	0,4710	0,1920	$\lambda t = 2{,}06 \cdot 10^{-4} \cdot 8 \cdot 10^{3} > 1$

Таблица 2.5. Показатели надежности водопроводно-канализационного оборудования по данным эксплуатации, ТУ и ГОСТ [6]

Тип оборудования	Интенсивность отказов при $\delta_s = 0{,}95$, $10^4 \cdot 1/(ч \cdot км)$			Интенсивность ремонтов μ, $10^2\ ч^{-1}$
	$\lambda_{мин}$ *	$\lambda_{ср}$	$\lambda_{макс}$	
Водозаборные сооружения				
Водоприемники:				
раструбные	—	0,02	—	0,5
ряжевые	—	0,02	8	0,5
железобетонные	—	0,01	—	0,5
Самотечные линии из стальных труб	0,1	0,25	0,4	0,5
Насосы типов:				
НДн	1,8	2	3,9	4
НДс	1,6	2	3,2	4
Д	—	2,2	—	4
В	2	3,5	4,6	4
Фильтры водозаборных скважин:				
проволочные	0,5	1,25	2	0,5
каркасно-стержневые	0,2	0,3	0,5	0,5
Обсадные трубы	0,06	0,15	0,3	—
Насосы типов:				
ЭЦВ 4	1	1,25	1,6	2
ЭЦВ 6	0,8	1,2	5,6	2
ЭЦВ 8	0,9	2,1	4,6	2
ЭЦВ 10	0,9	1,5	3,2	2
Блоки управления	—	0,95	—	4
Водоприемные камеры, резервуары	0,01	0,03	0,1	1
Задвижки с электроприводом	0,1	0,6	1	4
Обратные клапаны	0,04	0,08	1	4

Тип оборудования	Интенсивность отказов при $\delta_э = 0{,}95$, $10^{4} \cdot 1/(ч \cdot км)$			Интенсивность ремонтов μ, $10^{2}\ ч^{-1}$
	$\lambda_{мин}$ *	$\lambda_{ср}$	$\lambda_{макс}$	
Водоводы и водопроводные сети				
Трубы чугунные (нормальные условия) диаметром, мм:				
100	0,9	1,02	1,14	1—4
150	0,75	0,92	1,09	1—4
200	0,7	0,87	1,05	1—4
250	0,6	0,8	1	1—4
300	0,55	0,7	0,85	1—4
400	0,5	0,62	0,74	1—4
500	0,47	0,52	0,57	1—4
600	0,44	0,48	0,53	1—4
700	0,4	0,44	0,48	1—4
800	0,36	0,39	0,42	1—4
900	0,34	0,37	0,4	1—4
Трубы стальные (нормальные условия) диаметром, мм:				
100	0,18	0,29	0,4	2—4
200	0,15	0,22	0,3	2—4
150	0,16	0,25	0,35	2—4
250	0,13	0,19	0,25	2—4
300	0,12	—	0,20	2—4
400	0,11	—	0,18	2—4
500	0,1	—	0,15	2—4
600	0,1	—	0,14	2—4
Насосные станции				
Насосы типов:				
К 8/18; 1,5К 8/19	1	1,25	4	4
2К 20/18; 2К 20/30	0,6	1	5,2	4
3К 45/30	1,3	2	4,0	4
4К 90/35; 4К 90/20	1,4	3	4,5	4
6К 120/20	0,8	1,8	5,6	4
6К 170/32,5; 6К 170/32,5 а, б	0,9	2	5,6	4
1В-0,9М; 28В-12	1,8	2,4	5	4
1,5В-1,3М; 32В-12	1,8	2,4	5	4
2В-1,6М; 40В-24	1,9	2,8	5,8	4
КВН-3; КВН-4	1,8	4	7	4
1СЦВ-1,5	1,25	2,5	5	4
Д200-95	1,2	3,2	4,8	4
Д320-70	1,6	1,9	4,5	4
Д630-90	—	2,1	—	2
Д1250-65	1,2	1,6	3,5	2
Д1250-125	1,2	2	3,2	2
Д2500-62	—	1,8	2	2
Насосы типов:				
Д3200-33	—	1,25	—	2
10Д-6, 10Д-9, 12Д-6	1,7	2,2	3,8	2
3НФ, 4НФ, 6НФ	0,8	1,8	5,6	4

Тип оборудования	Интенсивность отказов при $\delta_з = 0{,}95$, 10^{-6}·1/(ч·км)			Интенсивность ремонтов μ, 10^{2} $ч^{-1}$
	$\lambda_{мин}$ *	$\lambda_{ср}$	$\lambda_{макс}$	
ЗМС-10-4	—	2,2	—	4
4МС-10-4	—	2	—	4
Трубопроводы стальные диаметром, мм:				4
внутри станции	0,01	0,04	0,15	6
700	0,1	—	0,13	2—4
800	0,1	—	0,12	2—4
900	0,1	—	0,11	2—4
Сетевые задвижки	0,1	0,15	0,8	1—4
Очистные сооружения				
Корпус безнапорных осветлительных фильтров, контактных осветлителей, отстойников	0,02	0,05	0,15	0,5—1
Дренаж:				
трубчатый	0,1	0,25	0,4	0,5—1
колпачковый	0,15	0,2	0,5	0,5—1
пористобетонный	0,05	0,15	0,3	0,5—1
Напорные фильтры	0,05	0,1	0,2	1—2
Барабанные сетки	0,8	1,6	2	2
Обеззараживающие установки (замена ламп):				
ОВ-АКХ-1	—	2,5	—	10
ОВ-1П	—	2,5	—	10
ОВ-1П-РКС	—	2	—	10
Хлораторы ЛОНИИ-100	0,2	0,8	—	10
Контрольно-измерительные приборы	—	1,25	—	10
Трубопроводы стальные внутри станции	0,01	0,04	0,15	6
Задвижки с электроприводом	0,1	0,3	0,8	2

* Доверительная вероятность безотказной работы при определении λ принята равной 0,95.

§ 2.5. Методы повышения надежности систем

Для создания систем с заданной степенью надежности в процессе проектирования используются следующие методы:

резервирование (дублирование);

упрощение систем с целью снижения интенсивности отказов и самих отказов;

выбор наиболее надежного оборудования, у которого $\lambda(t) \to$ $\to$ мин;

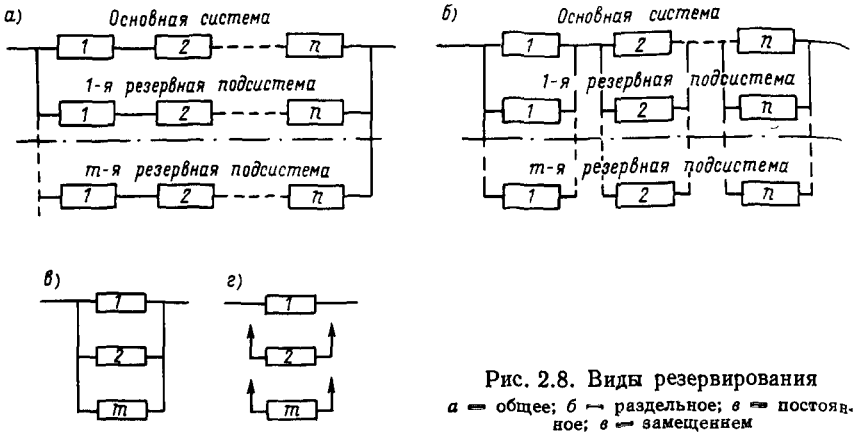


Рис. 2.8. Виды резервирования
а — общее; *б* — раздельное; *в* — постоянное; *в* — замещением

возможность создания систем с ограниченными последствиями отказа, при которых значение расчетных параметров не будет резко отличаться от формулировки отказа;

обеспечение режимов работы [косвенно — снижение $\lambda(t)$];

контроль за основными рабочими параметрами в процессе эксплуатации системы.

Резервирование. Под резервированием понимается применение определенных средств и возможностей с целью обеспечения работоспособности объекта при отказе. В системах с резервированием выделяют основной и резервный элементы: первый представляет собой элемент структуры объекта, отказ которого при отсутствии резервирования приводит к потере работоспособности объекта, второй — элемент, предназначенный для обеспечения работоспособности объекта в случае отказа основного элемента.

Различают общее и раздельное резервирование: общим называют метод повышения надежности, при котором резервируется объект (система) в целом, раздельным — метод резервирования отдельных элементов для системы, изделия (рис. 2.8).

Для характеристики резервирования применяется такое понятие, как кратность резервирования: отношение числа резервных агрегатов к числу резервируемых (основных). Кратность резервирования может быть целой и дробной. При резервировании с целой кратностью m есть целое число, с дробной — m есть дробное несокращаемое число. Например, $m = 4/2$ означает наличие четырех резервных агрегатов и двух рабочих. При сокращении $m = 2$ означает, что резервирование уже является целой кратностью, при которой число резервных элементов равно двум, а общее число элементов равно трем.

Резервирование разделяется на постоянное и резервирование замещением. При постоянном резервировании резервные образцы подключены к основным в течение всего времени работы и находятся в одинаковом с ними режиме. При резервировании

Таблица 2.6. Классификации способов резервирования

Способ резервирования	Определение способа резервирования
	По характеристике резерва
Нагруженный	Один или несколько резервных элементов находятся в том же режиме, что и основной элемент
Облегченный	Один или несколько резервных элементов находятся в менее нагруженном режиме, чем основной элемент
Ненагруженный	Один или несколько резервных элементов практически не несут нагрузки
Восстанавливаемый	Один или несколько резервных элементов, работоспособность которых в случае их отказа восстанавливается
Невосстанавливаемый	Один или несколько резервных элементов, работоспособность которых в случае их отказа не восстанавливается
	По виду резервирования
Общее	Резервирование, при котором резервируется вся система в целом
Раздельное	Резервирование, при котором резервируются отдельные элементы системы
Постоянное	Резервирование без перестройки структуры системы при возникновении отказа одного из его элементов
Динамическое	Резервирование с перестройкой структуры системы при возникновении отказа одного из его элементов
Замещением	Динамическое резервирование, при котором функции основного элемента передаются связанному с ним резервному только после отказа основного элемента
Скользящее	Резервирование замещением, при котором один или несколько резервных элементов могут заменить любой отказавший основной элемент
Гибридное	Резервирование, предусматривающее сочетание различных видов резервирования в одной системе
Частичное	Резервирование, предусматривающее сохранение работоспособности системы не при всяких отказах любого элемента
Полное	Резервирование, предусматривающее сохранение работоспособности системы при любом отказе любого элемента

замещением резервные изделия замещают основные после их отказа.

Более полная классификация способов резервирования приведена в табл. 2.6.

При резервировании вероятность безотказной работы элементов или в целом всей системы повышается. Повышение $P_c(t)$ зависит от способа и характера резервирования. Ниже приводятся несколько расчетных формул для расчета характеристик надежности невосстанавливаемых образцов при основном соединении элементов, под которым понимается отказ технического устройства при отказе одного из его элементов. При расчете надежности

таких устройств предполагается, что отказ элемента является событием случайным и независимым.

Общее резервирование с постоянно включенным резервом и с целой кратностью (см. рис. 2.8):

$$P_c(t) = 1 - \left[1 - \prod_{i=1}^{n} P_i(t)\right]^{m+1}, \tag{2.39}$$

где $P_i(t)$ — вероятность безотказной работы i-го элемента в течение времени t; n — число элементов основной или любой резервной цепи; m — кратность резервирования.

При экспоненциальном законе надежности

$$P_c(t) = 1 - [1 - e^{-\lambda_c t}]^{m+1}; \tag{2.40}$$

$$T_в = (1/\lambda_c) \sum_{i=0}^{m} [1/(i+1)], \tag{2.41}$$

где $\lambda_c = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i$ — интенсивность отказов нерезервированной системы.

Раздельное резервирование с постоянно включенным резервом и с целой кратностью (см. рис. 2.8, *б*, *в*) при экспоненциальном законе надежности и ненагруженном состоянии резерва:

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^{n} \{1 - [1 - P_i(t)]^{m_i+1}\}, \tag{2.42}$$

или

$$P_c(t) = \{1 - [1 - e^{-\lambda t}]^{m+1}\}^n, \tag{2.43}$$

$$T_в = \frac{(n-1)!}{\lambda (m+1)} \sum_{i=0}^{m} \frac{1}{\nu_i (\nu_i + 1) \ldots (\nu_i + n - 1)}, \tag{2.44}$$

где $\nu_i = (i+1)/(m+1)$; i — порядковый номер элемента.

Общее резервирование замещением с целой кратностью (рис. 2.8, *а*, *г*):

$$P_c(t) = e^{-\lambda_c t} \sum_{i=0}^{m} \frac{(\lambda_c t)^i}{i!}; \tag{2.45}$$

$$T_{в.с} = T_в (m+1), \tag{2.46}$$

где λ_c, $T_в$ — интенсивность отказов и средняя наработка до первого отказа основного (нерезервированного) устройства.

Раздельное резервирование замещением с целой кратностью (рис. 2.8, *в*, *г*):

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^{n} P_i(t), \tag{2.47}$$

где $P_i(t)$ — вероятность безотказной работы системы из-за отказов элементов i-го типа, резервированных по способу замещения; вычисляется по формулам общего резервирования замещением формул (2.45) и (2.46).

Общее резервирование с дробной кратностью и постоянно включенным резервом (рис. 2.8, *а*, *в*):

$$P_c(t) = \sum_{i=0}^{l-h} C_l^i P^{l-i}(t) Q^i C_i^j P_j(t); \tag{2.48}$$

$$T_в = (1/\lambda) \sum_{i=0}^{l-h} [1/(h+i)], \tag{2.49}$$

где $P(t)$ — вероятность безотказной работы основного или любого резервного элемента; l — общее число основных и резервных систем; h — число систем, необходимых для нормальной работы резервированной системы; C_l^i — число сочетаний из l образцов по i. В данном случае кратность резервирования $m = (l - h)/h$.

Пример 3. Исходные данные из примера 2.

Требуется определить вероятность безотказной работы с постоянно включенным резервом и с целой кратностью $m = 1$ при $t = 8000$ ч:

$$P_c(t) = 1 - [1 - e^{-\lambda t}]^{m+1} = 1 - [1 - 2{,}72^{-0{,}94 \cdot 10^{-4} \cdot 8000}]^2 = 0{,}72;$$

$$P_c(t) = 1 - [1 - e^{-2{,}06 \cdot 10^{-4} \cdot 8000}]^2 = 0{,}36.$$

Данные по расчету надежностных характеристик восстанавливаемого оборудования здесь не приводятся: эти данные достаточно подробно рассмотрены в работе [6].

Упрощение системы. Вероятность безотказной работы системы равна произведению вероятностей безотказной работы ее элементов:

$$P_c(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \ldots \cdot P_N(t) = \prod_{i=1}^{N} P_i(t). \tag{2.50}$$

Из формулы (2.50) следует, что произведение будет тем больше, чем меньше элементов ($P_i < 1$). Следовательно, снижение числа устройств приводит к повышению надежности.

Выбор наиболее надежного оборудования. Более надежное оборудование имеет меньшие значения λ. В этом случае наработка до первого отказа будет большей у устройств, у которых λ будет наименьшей.

Возможность создания систем с ограниченными последствиями отказа. Постановка вопроса говорит сама за себя: разрыв водопровода в городских условиях приносит больший ущерб, чем авария на водоводе, расположенном вне городских территорий.

Облегчение режимов работы. Износ элементов происходит при форсированных режимах значительно быстрее, чем износ их при нормальных эксплуатационных режимах при выпуске, на-

пример, одного и того же объема продукции. Следовательно, для увеличения сроков работы сооружений должен быть всегда выявлен оптимальный режим эксплуатации.

Контроль за основными параметрами в процессе эксплуатации системы. Любое отклонение от эксплуатационного режима ведет к нарушению работы не только отдельного элемента, но и всей системы в целом. Например, избыток или недостаток коагулянта приводит к получению некачественной воды. Контроль должен осуществляться не только путем осмотров и снятия показаний приборов, но и путем накопления статистического материала по работе всех видов оборудования.

§ 2.6. Техническое обслуживание систем и надежность

Общие положения. Любая техника, как бы она ни была совершенна, не может длительное время выполнять свои функции, если не будет грамотного своевременного технического обслуживания, т. е. нормальной эксплуатации. Это связано со множеством причин, влияющих на состояние инженерных устройств и сооружений.

В некоторых случаях эти изменения могут оказывать существенное влияние и приводить к снижению надежности элементов и систем в целом, т. е. к их отказу. Следствием этого является необходимость постоянного проведения специальных мероприятий, направленных на поддержание заданного уровня надежности. Эти мероприятия выражаются в разработке технического обслуживания устройств, оборудования, сооружений, входящих в состав систем.

Техническое обслуживание — это комплекс профилактических мероприятий, проводимых в целях поддержания техники в исправном состоянии или постоянной готовности к применению.

Техническое обслуживание в любых условиях эксплуатации должно обеспечивать выполнение задач, указанных ранее.

При проведении эксплуатации (технического обслуживания) необходимо учитывать специфику отказов и осуществлять их прогнозирование, т. е проводить в жизнь научно обоснованную профилактику, предупреждающую отказы.

Прогнозирование вполне осуществимо при наличии постепенных отказов. К таким отказам можно отнести снижение давления в напорных трубопроводах, загрязнение фильтров, увеличение потребления электроэнергии двигателями и т. п. Осуществлять прогнозирование отказов — значит определять вероятность того, что контролируемый параметр через определенный промежуток времени выйдет за допустимые пределы.

Для внезапных отказов устанавливать прогнозирование труднее, чем для постепенных, но и здесь возможно установление прогнозирующего параметра: при наличии статистических данных

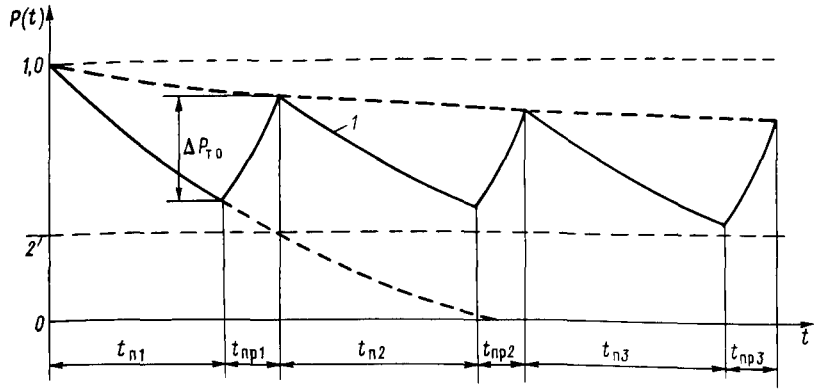


Рис. 2.9. График изменения вероятности безотказной работы с учетом технического обслуживания

1 — кривая изменения уровня надежности с учетом технического обслуживания; *2* — допустимый уровень надежности

о закономериостях их возникновения определяется ориентировочное время наступления отказа и, следовательно, создаются и мобилизуются необходимые силы для его устранения.

Кроме статистического метода, используемого для прогнозирования, возможно применение инструментального метода, при котором изменение состояния устройства, оборудования или процесса фиксируется контрольно-измерительными приборами и на основании показаний этих приборов производится суждение о состоянии образца.

При проведении профилактических работ предполагается, что вероятность безотказной работы после технического обслуживания поднимается до первоначального состояния. На самом деле так не происходит: всегда существует некоторая вероятность необнаружения и неустранения неисправностей. Динамика изменения вероятности безотказной работы представлена на рис. 2.9.

Прирост вероятности безотказной работы объекта можно определить из выражения

$$\Delta P = P(t_{\text{п}} + T_{\text{р}}) - P(t_{\text{п}}), \qquad (2.51)$$

где $t_{\text{п}}$ — периодичность технического обслуживания; $T_{\text{р}}$ — продолжительность технического обслуживания, ч; $P(t_{\text{п}})$ — вероятность безотказной работы объекта перед началом технического обслуживания; $P(t_{\text{п}} + T_{\text{р}})$ — вероятность безотказной работы в момент окончания технического обслуживания.

В идеальном случае (при полном выявлении неисправностей и их устранении) вероятность безотказной работы в момент окончания технического обслуживания будет равна $P(t_{\text{п}} + T_{\text{р}}) = 1$.

Тогда максимальное приращение вероятности безотказной работы $(\Delta P_{\text{т. о}})_{\text{макс}}$, которое может получить объект в результате

технического обслуживания, может быть вычислено по формуле

$$(\Delta P_{\text{т. о}})_{\text{макс}} = 1 - P(t_{\text{п}}). \tag{2.52}$$

Эффективность технического обслуживания определяется из выражения

$$\Theta_{\text{т. о}} = [P(t_{\text{п}} + T_{\text{р}})]/P(t_{\text{п}}). \tag{2.53}$$

При экспоненциальном законе распределения $P(t_{\text{п}}) = e^{-\lambda t_{\text{п}}}$. Вероятность нахождения объекта в неисправном состоянии в момент окончания технического обслуживания может быть определена из выражения

$$P(t_{\text{п}} + T_{\text{р}}) = 1 - [1 - P(t_{\text{п}})]\, P_{\text{н}}, \tag{2.54}$$

где $[1 - P(t_{\text{п}})]$ — вероятность неисправного состояния объекта в момент начала технического обслуживания (эта неисправность частично не будет обнаружена и устранена в результате технического обслуживания с вероятностью, которая на основании статистических данных составляет $P_{\text{н}} = 0{,}1 \ldots 0{,}05$).

Эффективность технического обслуживания для экспоненциального закона распределения времени выразится так:

$$\Theta_{\text{т. о}} = 1 - \left[1 - e^{-\lambda t_{\text{п}}}\right] P_{\text{н}} / e^{-\lambda t_{\text{п}}}. \tag{2.55}$$

Определение оптимальной периодичности технического обслуживания по критериям надежности. При эксплуатации систем важно добиваться такого положения, при котором такие характеристики, как периодичность технического обслуживания (или время, через которое производится оно) $t_{\text{п}}$ была бы наибольшей, а продолжительность обслуживания $T_{\text{р}}$ — наименьшей. Очевидно, задача заключается в том, чтобы найти такое оптимальное соотношение между этими величинами, при котором вероятность нахождения технического устройства в исправном состоянии была бы не ниже заданной.

Для нахождения оптимального значения технического обслуживания $t_{\text{п}}$ вводится характеристика, называемая эффективностью использования технического объекта

$$P_{\text{э. и}} = K_{\text{и}} P(t_{\text{п}}). \tag{2.56}$$

Подставляя в (2.56) значения коэффициента технического обслуживания и предполагая, что закон распределения времени экспоненциальный, будем иметь

$$P_{\text{э. и}} = \frac{\sum T_{\text{о}}}{\sum T_{\text{о}} + \sum T_{\text{в}} + \sum T_{\text{р}}} e^{-\lambda t_{\text{п}}}. \tag{2.57}$$

Принимая $\sum T_{\text{о}} + \sum T_{\text{в}} + \sum T_{\text{р}} = T_{\text{э}}$, время, затраченное на проведение технического обслуживания оказывается малым по сравнению с $T_{\text{о}}$ и потому постоянным, а при $\sum T_{\text{р}} = (T_{\text{э}}/t_{\text{п}})\, T_{\text{р}}$

$$P_{\text{э. и}} = \left(1 - \frac{T_{\text{р}}}{t_{\text{п}}} - \frac{T_{\text{в}}}{T_{\text{э}}}\right) e^{-\lambda t_{\text{п}}}. \tag{2.58}$$

Дифференцирование уравнения (2.58) и приравнивание полученных сомножителей к нулю создают условия отыскания экстремума:

$$P_{э.и} = e^{-\lambda t_п}\left[\frac{T_р}{t_п^2} - \lambda\left(1 - \frac{T_р}{t_п} - \frac{T_в}{T_э}\right)\right] = 0; \qquad (2.59)$$

$$\frac{T_р}{t_п^2} - \lambda\left(1 - \frac{T_р}{t_п} - \frac{T_в}{T_э}\right) = 0. \qquad (2.60)$$

Решение относительно $t_п$ дает возможность оптимального его значения:

$$t_п = \frac{\lambda T_р T_э \pm \sqrt{\lambda^2 T_р^2 T_э^2 + 4\lambda\left(T_э - \sum T_в\right) T_э T_р}}{2\lambda\left(T_э - \sum T_в\right)}. \qquad (2.61)$$

Определение времени простоя и суммарного времени обслуживания. Каждая система требует обслуживания. Под обслуживанием понимается действие или ряд действий, необходимых для предупреждения появления отказов или для восстановления отказавших устройств, аппаратов, оборудования сооружений. К обслуживанию относятся такие операции: сборка и разборка, осмотр, испытания и измерения, проведение анализов, обеспечение материалами, очистка и наладка, проверка, снятие и замена (ремонт), проведение сезонных работ, составление плана работ, составление отчета, решение непредвиденных вопросов и т. д.

Работа по обслуживанию, как правило, проводится по двум направлениям:

профилактическое обслуживание выполняется с целью поддержания системы или элементов системы в рабочем состоянии путем проведения систематических осмотров, обнаружения и устранения появляющихся отказов. Профилактические работы относятся к планируемым работам в течение года с известным расходом времени на каждую установленную операцию. Расход времени может быть установлен путем проведения экспериментальных испытаний;

ремонтное (текущее) обслуживание выполняется во внеплановом порядке с целью восстановления системы или ее элементов до рабочего состояния путем проведения ремонтных работ по немедленному устранению отказа. Ремонтные работы не могут быть запланированы так, как профилактические. Но, используя статистические данные по техническому обслуживанию отдельных элементов или проведя специальные испытания для отдельных устройств, аппаратов и т. п., можно установить виды отказов и распределение их по времени, т. е. применить теорию надежности. Этот способ не так точен, как при проведении профилактических работ, но все же можно установить потребное время для ликвидации аварии (в среднем), а также планировать годовые затраты времени на устранение отказов.

При проведении профилактического и ремонтного обслуживания необходимо учитывать срок службы рассматриваемых элементов, при этом имеется в виду:

перечень и потребное количество инструментов, машин и других видов техники;

необходимое количество материалов и оборудования на ликвидацию или предупреждение отказов;

требуемое количество человек или бригад для проведения работ.

Из сказанного следует, что наиболее важным измеряемым параметром обслуживания системы является затрачиваемое время, требуемое для профилактического и ремонтного обслуживания. Оно может быть определено достаточно точно на научной основе с использованием теории надежности. Зная требуемое время, можно определить штатный состав эксплуатационного состава.

При определении затрачиваемого рабочего времени следует выделить время простоя системы и время, затраченное непосредственно на ликвидацию отказа или предпосылок к нему, выраженное в человеко-часах.

Время простоя определяется числом календарных часов, в *течение которых система не может эксплуатироваться, включая* как активную, так и организационную составляющие времени обслуживания.

Активное время простоя — это время, в течение которого совершается производительная работа над системой от момента осведомления о появлении отказа до момента нового включения оборудования в работу после восстановления ее отказа. Организационное время определяется календарным временем, затраченным на административную деятельность, на работу по обеспечению дополнительного снабжения (например, на поставки запасных частей, ремонтной аппаратуры и т. п.) и на другие виды работ, которые не решают производственных задач. Активное и организационное время могут протекать параллельно, когда составляющими вопросами занимаются разные исполнители, и последовательно, когда всеми вопросами занимается один исполнитель. Время простоя часто зависит от типа задания, т. е. от того, какие проводятся работы — профилактические или ремонтные.

Рабочее время представляет собой число часов (человеко-часов, человеко-минут), затраченных при выполнении непосредственных работ по обслуживанию. Время также может быть разбито на активное и организационное. Это деление имеет место при проведении как ремонтных работ, так и профилактических осмотров. В связи с этим при рассмотрении временных характеристик необходимо отличать время, в течение которого объект не работал, и суммарное время, затраченное непосредственно на ликвидацию отказа (в человеко-часах, человеко-минутах).

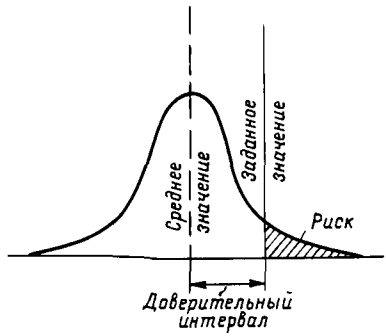


Рис. 2.10. Связь доверительного интервала и риска

Временные характеристики для множества наблюдений выражаются двумя математическими величинами — средним временем $T_{пр}$ и доверительным интервалом обслуживания (чаще применяется 95 %-интервал).

Среднее время представляет собой величину, выражающую сумму совокупности значений, деленной на количество значений в совокупности. Среднее время простоя включает время, относящееся как к ремонтным, так и профилактическим работам по обслуживанию:

$$T_{пр} = (T_{пр.\,р} M_р + T_{пр.\,п} M_{пр})/(M_р + M_{п.\,ф}), \qquad (2.62)$$

где $T_{пр.\,р}$, $T_{пр.\,п}$ — среднее время простоя соответственно при ремонтиом и профилактическом обслуживании; $M_р$, $M_{п.\,ф}$ — число заданий по ремонтному и профилактическому обслуживанию, отнесенное на 1000 ч, на 1 год (8760 ч) или на другой отрезок времени.

95 %-ный доверительный интервал представляет собой величину, характеризующую достоверность принятых или полученных решений. Например, если дано значение продолжительности обслуживания 120 мин, то это означает, что, по крайней мере, 95 % заданий по обслуживанию будет выполнено в течение интервала от 0 до 120 мин. Принятие доверительного интервала 95 % означает, что в 95 случаях из 100 мы уверены в получении положительного результата, а в 5 случаях могут быть отклонения от положительного решения (риск, равный 5 %).

Выбор контрольного уровня доверительного интервала всегда должен быть результатом компромиссного решения. Высокий коэффициент доверия требует использования большого объема выборки и лучшей обслуживаемости. При малом коэффициенте доверия, наоборот, увеличивается риск, так как достигнутая обслуживаемость не будет отвечать предъявляемым требованиям.

Понятие доверительного интервала и риска иллюстрируется на рис. 2.10.

Этапы обеспечения надежности. Обеспечение оптимальных условий обслуживания любой системы должно быть предметом внимания на всех этапах ее создания: в период проектирования системы и конструирования отдельных сооружений и видов оборудования, в период строительства и монтажа и, наконец, в период использования этой системы, т. е. в период эксплуатации.

Период проектирования является наиболее ответственным, так как именно на этом этапе закладываются все решения и разра-

батываются все процессы, связанные с захватом, подготовкой, транспортировкой, сохранением и распределением готовой продукции. Важное значение на этом этапе имеет наличие грамотного задания на проектирование.

При проектировании закладываются и условия обслуживания системы — условия ее эксплуатации. Автоматизация работы устройств и оборудования должна проводиться в разумных пределах. Перенасыщенность средств автоматизации и ее исключительность могут привести к неблагоприятным последствиям.

При проектировании систем должно быть выбрано наиболее надежно работающее оборудование, в полной мере использована унификация и стандартизация устройств и оборудования.

Период строительства и монтажа оборудования характерен тем, что выполняемые работы должны соответствовать проектным решениям, обеспечивающим доступ ко всем устройствам, КИП и оборудованию. В этот период создаются наиболее благоприятные условия для обслуживания.

В период эксплуатации должны своевременно проводиться профилактические мероприятия по обслуживанию, а при необходимости — замена отслуживших элементов. Особое значение имеют условия хранения расходных материалов, запасных элементов и т. п. В этот же период должен быть организован сбор информации о работе объекта — как оборудования, так и обслуживающего персонала— и ее анализ. Для суждения о качестве обслуживания может проводиться выборочный сбор информации методом организации комиссий из представителей посторонних организаций. При этом может быть рекомендован сбор таких сведений:

знание своих обязанностей обслуживающим персоналом, его обученность и умение обслуживать элементы системы;

выполнение администрацией своих обязанностей и знание их, особенно в экстремальных условиях;

учет непроизводительных затрат времени, необоснованного расхода материалов, энергии и т. п.

Программа сбора данных в эксплуатационных условиях должна тщательно планироваться и контролироваться. Для выполнения программы по сбору данных необходимо заранее разрабатывать все процедуры отчетности. Полученные данные после их анализа должны обсуждаться в коллективах. Обсуждение должно рассматриваться не как административное мероприятие, а как период учебы и выработки ответственности у персонала за порученное дело.

В период эксплуатации значительную роль в повышении эффективности и обеспечении надежности ее играет фактор инженерной психологии. Известно, все системы включают в себя как устройства, так и персонал, обслуживающий эти устройства и оборудование, в их взаимодействии (система «человек—машина»). Следовательно, при оценке надежности системы необходимо анализировать оба элемента. Установлено, что приблизительно от

20 до 50 % всех отказов происходит по вине человека вследствие плохой организации производства. Отсюда вытекает вывод, что руководить производством могут только хорошие организаторы. К высокой организации производства призывают и решения XXVII съезда КПСС, и вся политика партии и правительства за последние годы.

В заключение необходимо отметить следующее. Такие науки, как теория надежности, инженерная психология и другие, связанные с разработкой и повышением эффективности обслуживания систем, к настоящему времени широко развились и успешно обслуживают отдельные производственные процессы. В области водопроводно-канализационного хозяйства и газоснабжения они делают первые шаги. В данной книге даются только азы теории надежности и направления, по которым можно использовать эту науку с целью совершенствования работы названных систем.

Для более широкого ознакомления с вопросами теории надежности рекомендуется использовать литературные источники [1, 6]. В этих работах подробно освещены расчеты разнообразиых устройств, в том числе дано определение надежности восстаиавливаемых систем, рассмотрены вопросы ремонтопригодности, подачи и распределения воды и т. п. В них также дается полная библиография изданий по надежности за последнее десятилетие как общетеоретического, так и конкретного направления.

Раздел третий

ВОДОЗАБОРЫ, ВОДОВОДЫ И СЕТИ

Глава I. ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

§ 3.1. Содержание источников воды

Для обеспечения надежной работы системы водоснабжения (СВ) необходимо постоянное наблюдение за источниками воды. Наблюдению и контролю подлежат:

в поверхностных источниках воды — уровень воды в водоемах, характер движения потоков воды в русле реки, наличие поперечной циркуляции, движение насосов, размыв берега, изменение русла, образование и состояние льда и его действие на водозаборные сооружения, санитарное состояние водоема;

уровень воды в водоеме, который контролируют при помощи рейки, устанавливаемой, как правило, на водозаборе; отметки уровней заносят в журнал; дно водоема нивелируется не реже одного раза в год на участке 100—150 м выше и ниже водозабора с интервалом через 10—20 м;

в подземных источниках воды — дебит водозаборных сооружений, изменение статического и динамического уровней в трубчатых и шахтных колодцах, солевой состав воды, санитарное состояние источника воды.

На малых реках и ручьях, имеющих перекаты, которые подвержены промерзанию, наблюдения должны вестись не только в районе водозабора, но и на протяжении 2—3 км вверх по руслу реки или ручья. Для наблюдения в опасных местах делают лунки и, при необходимости, ежедневно производят замеры толщины льда и глубины воды. В случаях снижения уровня воды перекаты углубляют и утепляют.

Реки и ручьи с глубинами меньше 1 м, мелкие пруды и озера подлежат обязательному утеплению, которое производят утепляющими материалами (соломенные маты и др.), а также путем создания слоя снега на поверхности льда.

Борьба с цветением и зарастанием озер, водохранилищ и прудов производится механическим и химическим способами. При механическом способе по мере зарастания водоема его периодически полностью очищают или только выкашивают растения. При химическом способе в воду добавляют химические реагенты

Таблица 3.1. Отбор проб для оценки качества воды в источнике

Поверхностные источники воды	Подземные источники воды	
	артезианские (напорные)	безнапорные (грунтовые)
Не менее 12 разовых проб в год, забираемых ежемесячно для проточных водоемов. Отбор проб воды осуществляется на расстоянии 1 км выше по течению от предполагаемого места водозабора; для непроточных (озера, водохранилища) — на расстоянии 1 км в обе стороны от водозабора	Отбор проб осуществляется при пуске колодца в эксплуатацию или долго бездействующих скважин после длительной откачки, выполненной до постоянного динамического уровня и осветления воды, при производительности, равной или несколько большей проектной, а при эксплуатации скважин в течение первого года эксплуатации — не реже 4 раз по сезонам года, в дальнейшем — не реже 1 раза в год в наиболее неблагоприятный период (по результатам наблюдений первого года), но не менее двух проб, взятых с интервалом 24 ч	Отбор проб производится в течение года в каждый характерный в данном климатическом районе период по две пробы воды с интервалом отбора не менее 24 ч. В карстовых районах пробы воды отбираются после сильных дождей через интервал времени, достаточный для прохождения воды через закарстованную горную породу

(медный купорос, хлор и др.). Обработку водоемов рекомендуется производить после половодья с лодок, катеров или с самолетов дозами реагентов до 0,4 мг/л (по $CuSO_4$).

Качество воды в источнике контролируется в соответствии с установленной схемой взятия проб из него (табл. 3.1). Контроль проводится как для используемых, так и намеченных к использованию источников для хозяйственно-питьевого, а также совмещенного хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения. Результаты заносятся в журнал установленной формы. Отбор проб, их хранение и транспортировка производятся в соответствии с требованиями ГОСТ 24481—80 и 18963—73. Отбор проб донных отложений осуществляется по требованиям ГОСТ 17.1.5.01—80.

Требования к качеству воды в источниках определяются ГОСТ 17.1.3.03—77, указаниями Главного медицинского управления СССР, а также санитарными инспекциями городов. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ, а также ядохимикатов в воде источников приводятся в работах [6, 38], а ПДК пестицидов в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения — в «Методических рекомендациях по контролю за содержанием пестицидов в водоисточниках,

Таблица 3.2. Требования к свойствам и составу воды поверхностных источников хозяйственно-питьевого назначения

Показатели качества воды	Требования к воде и нормативные показатели
Плавающие примеси	На поверхности водоемов должны отсутствовать плавающие пленки, пятна минеральных масел и скопления других примесей
Запахи и привкусы	Вода не должна приобретать запахи и привкусы интенсивностью более двух баллов, обнаруживаемых непосредственно или при последующем хлорировании
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике высотой 20 см
Реакция	Должна находиться в пределах 6,5÷8,5 pH
Минеральный состав	По сухому остатку не должен превышать 1000 мг/дм^3, в том числе хлоридов не более 350 мг/дм^3 и сульфатов не более 500 мг/дм^3
Биохимическая потребность в кислороде	БПК воды при 20 °С не должна превышать 3 мг/дм^3
Бактериальный состав	Вода не должна содержать возбудителей кишечных заболеваний; число бактерий группы кишечных палочек (коли-индекс) должно быть не более 10 000 в 1000 мл воды
Токсические химические вещества	Содержание токсических химических веществ в воде не должно превышать концентраций, превышающих нормативы, установленные Министерством здравоохранения СССР

питьевых и очищенных сточных водах» (МЖКХ РСФСР, 1979 г.).

Требования к воде поверхностных источников приведены в табл. 3.2.

В процессе эксплуатации водного источника рекомендуется осуществлять статистическую обработку основных показателей качества воды (мутности, цветности, щелочности, окисляемости, pH, содержания ионов железа, кальция, магния, хлора, сульфатов и др., а также коли-титра и общего числа бактерий) за длительный срок и проводить их анализ. Тенденции изменения показателей качества воды могут указывать на необходимость введения коррективов в технологию ее обработки.

ЗСО источника водоснабжения и мероприятия по содержанию этих зон должны быть определены проектом с организацией специальной службы по соблюдению требований, изложенных в проекте и нормативных документах.

§ 3.2. Обслуживание водозаборных сооружений из поверхностных и подземных источников воды

Для обслуживания водозаборных сооружений и насосных станций назначаются машинисты насосных станций и операторы на решетки. Количество персонала определяется производитель-

ностью сооружений. Так, норматив численности машинистов насосной станции и операторов на решетках (явочное число), занятых на эксплуатации водозаборных сооружений и насосных станций I подъема, составляет (чел.-смен/сут): при производительности насосных станций до 16 тыс. м³/сут — 3,5, при 16—50 тыс. м³/сут — 5,5, при 50—150 тыс. м³/сут — 7, свыше 150 тыс. м³/сут—9.

Списочный состав рабочих определяется умножением явочного числа на коэффициент 1,54. Нормативы установлены для насосных станций с ручным обслуживанием агрегатов. Для частично или полностью автоматизированных насосных станций (скважин) необходимое количество обслуживающего персонала определяется администрацией предприятия. В указанных нормативах учтены трудовые затраты на работы по текущему ремонту, выполняемые слесарем-ремонтником, слесарем по ремонту КИПиА.

При обслуживании группы скважин необходимо учитывать их местоположение и возможность одновременного обслуживания одним и тем же персоналом.

§ 3.3. Водозаборные сооружения из поверхностных источников

При приемке водозаборных сооружений проверяется наличие разрешения на специальное водопользование и определение границ первого пояса зоны санитарной охраны, а перед пуском их в эксплуатацию осуществляется обследование и сверка исполнительной документации с проектными решениями, замеры высотного расположения приемных отверстий, значений входных скоростей и их направления, проверка доступности к запорной арматуре и подъемным механизмам, правильности монтажа всасывающих линий, работа подъемных механизмов по подъему решеток и сеток, промывочных устройств сеток, обогревающих устройств для решеток и промывных устройств самотечных линий, проверяется возможность очистки решеток в различных условиях состояния водоисточника.

В период эксплуатации осуществляется планово-предупредительный осмотр (ППО) и планово-предупредительный ремонт (ППР) водозаборных сооружений и устройств (табл. 3.3). Перечень основных видов работ по видам ремонта (текущий и капитальный) приведен в табл. 3.4.

С целью исключения образования на поверхности воды во всасывающей камере колодца воронок (т. е. возможности засасывания воздуха насосом) должно быть выдержано определенное соотношение между расходом воды, размерами камеры колодца и диаметром всасывающего трубопровода. По данным проф. М. М. Флоринского,

$$W_0/Q \geqslant 30 \div 35, \qquad (3.1)$$

Таблица 3.3. Сроки ППО и ППР

Наименование сооружений, устройства и работы	Срок осмотра	Срок очистки	Сроки ремонта	
			текущего	капитального
Оголовки и решетки водоприемников в условиях нормального режима работы	2 раза в год	По мере надобности	2 раза в год	По мере надобности
В том числе:				
в период ледостава на реках (с образованием донного льда и шуги)	Постоянное наблюдение	То же	То же	То же
в период листопада на залесенных водоемах	То же	»	»	»
Самотечные линии	1 раз в год	По мере накопления осадка	По мере надобности	»
Береговой колодец	2 раза в год	То же	1 раз в год	По мере надобности, но не реже 1 раза в 5 лет
В том числе:				
удаление осадка из колодца	То же	По мере надобности	—	—
ремонт сетки в колодцах	Постоянное наблюдение	То же	2 раза в год	1 раз в 2 года
Крепление береговой полосы у водоразбора	2 раза в год (перед зимним ледоставом и после половодья)	»	По мере надобности, но не реже 1 раза в 2 года	По мере надобности, но не реже 1 раза в 5 лет
Проверка состояния и работы задвижек, приемных клапанов и сеток, арматуры, самотечных всасывающих и грязевых трубопроводов	2 раза в год	—	2 раза в год	По мере надобности, но не реже 1 раза в 5 лет
Плотины, дамбы, каналы, водоспуски	1 раз в месяц	—	То же	То же
Водоразборные скважины (горизонтальные и вертикальные), шахтные колодцы	То же	—	»	»

Таблица 3.4. Перечень основных видов работ по текущему и капитальному ремонтам водозаборных сооружений

Наименование объектов	Текущий ремонт	Капитальный ремонт
Береговые водоприемные колодцы и приемные камеры водозаборов, совмещенные с насосными станциями	Очистка от ила, промывка колодцев камер и ковшей; чистка и ремонт решеток (сеток) и щитовых затворов; окраска металлических поверхностей с очисткой от ржавчины; затирка с железнением стен колодцев, камер и оголовков	Ремонт стен и днищ колодцев камер и береговых окрылков водозаборов; смена решеток или сеток водоприемников и щитовых затворов; разборка и ремонт приводов вращающихся сеток, замена сеток; схема ходовых скоб или лестниц; ремонт крепления береговой полосы у водозабора и в приемном ковше с заменой креплений; ремонт грязевых эжекторов и промывных устройств сеток
Ряжевый и бетонный оголовки водозабора	Обследование состояния оголовка водолазом	Смена ряжа с загрузкой и отсыпкой камня; демонтаж и монтаж стальных самотечных труб оголовков; ремонт обогревательной решетки для борьбы с донным льдом и шугой
Водопроводные каналы, отводящие каналы, откосы плотин, отстойные пруды, водоспуски	Засев травой откосов плотин; затирка трещин в бетонной облицовке каналов; замена отдельных бетонных плит в креплении каналов, заделка трещин в бетонных водосбросах и в теле плотины; исправление повреждений в берегоукрепительных одеждах и в креплениях откосов (до 2 % общей площади крепления); замена отдельных элементов в деревянных конструкциях; укрепление закладных частей металлических конструкций; покраска	Замена конструкции крепления стенок и откосов каналов; противооползневые работы, буренне разгрузочных и дренирующих скважин; устройство противофильтрационных дренажей; ремонт входных оголовков каналов и выходных оголовков выпусков

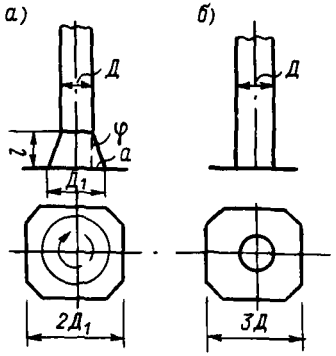


Рис. 3.1. Устройство диафрагм всасывающего трубопровода

а — при наличии раструба на конце всасывающего трубопровода; *б* — то же, при отсутствии раструба

где W_0 — объем воды в колодце, м³; Q — расход воды, откачиваемой из колодца, м³/с.

По исследованиям С. Д. Яковлева, низ всасывающей трубы следует погружать на величину h (м):

$$h \geqslant 8{,}5Q/0{,}785D_к, \qquad (3.2)$$

где $D_к$ — диаметр эквивалентного круглого в плане колодца, м.

В любом случае низ всасывающей трубы должен располагаться не менее чем на величину $h \geqslant 2D$, где D — диаметр нижнего сечения всасывающего трубопровода.

Расстояние от низа всасывающей трубы до дна колодца во избежание засасывания отложений со дна следует принимать больше или равным $0{,}5D$.

Для увеличения расхода воды при сохранении прежних размеров всасывающей камеры берегового колодца и исключения образования воронок на поверхности воды в камере можно устраивать накладки на всасывающую часть трубопровода (это позволяет увеличить расход на 20—30 %) или плотики на поверхности воды в камере (рис. 3.1).

Увеличение подачи воды через самотечные линии без изменения диаметров последних и размеров колодца (при сохранении уровней воды в нем) может быть достигнуто герметизацией береговых колодцев и созданием в них вакуума. В этом случае расход воды (м³/с) можно определить по формуле

$$Q = F\sqrt{\frac{2g(\Delta h + h_{вак})}{\zeta_{сист}}}, \qquad (3.3)$$

где F — площадь трубопровода, м²; Δh — перепад в уровнях воды в водоеме и в приемной части колодца при отсутствии вакуума, м вод. ст.; $h_{вак}$ — величина вакуума, м вод. ст.; $\zeta_{сист} = \lambda l/a + \sum\zeta$ — коэффициент сопротивления системы; λ — коэффициент трения движения воды в трубопроводе; l — длина трубопровода, м; d — диаметр трубопровода, м; $\sum\zeta$ — сумма коэффициентов сопротивления, учитывающая местные сопротивления.

При необходимости забора из водоема воды с пониженной и устойчивой температурой над водоприемным оголовком делают съемные (временные) или постоянные наплавные устройства.

При эксплуатации сифонных водозаборов необходимо обращать внимание на следующее: герметизацию трубопроводов и арма-

туры сифонных линий; автоматизацию удаления воздуха из этих линий; исключение их вибрации, связанной с появлением кавитации в нисходящих участках трубопровода при нарушении сплошности потока в нем. Чтобы не допустить этого явления, надо или подобрать соответственно диаметр нисходящего участка, или установить на нем местное сопротивление (задвижку, шайбу и т. п.).

Для защиты водоприемных устройств водозаборов от шуги рекомендуется применять ограждения камерного типа или шпунтовые, шугоотбойные запани, дырчатые или щелевые короба, каменную наброску, ковши-шугоотстойники и т. п.

Эксплуатация ковшовых водозаборных сооружений включает, дополнительно к ранее сказанному, наблюдение и уход за самим ковшом. Очистка ковша от ила должна производиться в случае надобности, но, как показывает практика эксплуатации, не реже 1 раза в 2—3 года. При редких чистках (1 раз в 5—7 лет) ковши зарастают водорослями, травами и кустарником.

Наблюдения и осмотры сооружений и оборудования в целях своевременного выявления и предупреждения неполадок производятся визуально, инструментально и с помощью заранее установленной контрольно-измерительной аппаратуры.

§ 3.4. Борьба с льдообразованием на решетках

Льдообразование на решетках имеет место в период образования шуги и донного льда. Подводное льдообразование начинается при переохлаждении воды до температуры — 0,03 °С. Для предупреждения льдообразования следует повысить температуру стержней решеток до 0,01 °С, чтобы частицы льда не прилипали к металлическим стержням.

Мерами борьбы с льдообразованием на решетках являются механическая очистка решеток и их обогрев. Механическая очистка решеток от льда осуществляется скребками, баграми, путем обратной промывки самотечных линий. Промывку следует производить в период льдообразования (до момента образования поверхностного льда) в течение 10—20 мин через каждые 2—4 ч. Этот способ эффективен при заборе воды из водоисточников, в которых образование льда происходит в небольших количествах и на короткий срок.

При интенсивном образовании льда применяется обогрев решеток паром, горячей водой и электрическим током. Парообогрев или обогрев горячей водой осуществляются путем пропуска пара и воды через трубчатую систему решетки либо путем подвода пара или воды и распределения их перед решеткой.

Расход тепла (кДж) определяется по формуле

$$W = W_1 + W_2, \tag{3.4}$$

где W_1 — потери тепла в подводящих трубопроводах; W_2 — расход тепла на нагрев воды.

Расход тепла для подводной и надводной частей трубопровода определяется самостоятельно по формуле

$$W_1 = k\,(t_1 - t_2)\,L, \tag{3.5}$$

где k — коэффициент теплопередачи на 1 м трубопровода, кДж/(м·ч·°С); t_1 — температура пара или воды, °С; t_2 — расчетная температура наружного воздуха, °С; L — длина трубопровода, м.

Для изолированных труб, уложенных на поверхности земли,

$$k = \frac{\pi\alpha\, d_{из}\lambda_{из}}{1{,}15\alpha\, d_{из} \lg (d_{из}/d) + \lambda_{из}},$$

где $\lambda_{из}$ — коэффициент теплопроводности изоляции (асбеста), кДж/(м·ч·°С): $\lambda_{из} = 0{,}75$; $d_{из}$ — диаметр трубопровода с изоляцией, м; d — наружный диаметр паропровода, м; α — коэффициент теплоотдачи: $\alpha = 147$ кДж/(м·ч·°С).

Принимая $d_{из}/d = 2$, имеем $k = 4{,}19 \div 5{,}0$ кДж/(м·ч·°С).

Для неизолированных труб, уложенных на поверхности земли, $k = 460$ кДж/(м·ч·°С), а под водой $k = 12\,570$ кДж/(м·ч·°С).

Расход тепла на нагрев воды (кДж/ч)

$$W_2 = 4\,190Q\,(t_1 - t_2),$$

где Q — расход воды, м³/ч; t_2 — расчетная температура переохлаждения воды: $t_2 = -0{,}03$ °С; t_1 — температура, до которой необходимо довести поступающую воду: $t_1 \geqslant 0{,}01$ °С.

Расход пара (кг/ч) по массе определяется по формуле

$$q = W/i, \tag{3.6}$$

где i — полное теплосодержание пара, кДж/кг; ориентировочно расход пара на 1 м³ поступающей воды составляет 0,15 кг.

Расчет электрического обогрева решеток сводится к определению потребного количества тепла, напряжения, величины тока, мощности и сечения кабеля.

Часовой расход тепла

$$W_ч = Q_ч \cdot 4\,190\,\Delta t, \tag{3.7}$$

где $Q_ч$ — часовой расход воды, м³/ч; Δt — перепад температуры, °С/м³: $\Delta t = 0{,}01 - (-0{,}03) = 0{,}04$ °С.

Мощность (кВт), подводимая к решеткам, определяется из выражения

$$N = W_ч/3600. \tag{3.8}$$

Сопротивление решетки (Ом) определяется по формуле

$$R = cr\,(L/F), \tag{3.9}$$

где c — удельное сопротивление стали при нулевой температуре воды: $c = 0{,}1$; L — длина стержня решетки, м; F — поперечное сечение стержня, мм²; r — коэффициент увеличения омического сопротивления решетки (по Альбергу) при переменном токе: $r = 8$.

Необходимый ток I (А) с учетом падения напряжения, равного 10 %, в питающем решетку кабеле определяется по формуле

$$I = (V + 0{,}1V)/R. \quad (3.10)$$

Сечение подводящего кабеля

$$F = 2L_1N \cdot 100/(V^2pk), \quad (3.11)$$

где L_1 — длина кабеля, м; N — мощность, Вт; V — напряжение, В; p — паденне напряжения, %; k — проводимость меди, равная 57.

Напряжение рекомендуется принимать равным 50÷120 В.

§ 3.5. Эксплуатация водозаборных сооружений подземных источников воды

Водозаборы всех типов (инфильтрационные, горизонтальные, шахтные и трубчатые колодцы, каптажи) после окончания строительства и оборудования их насосами и КИП должны быть испытаны путем пробных откачек с целью проверки работы всех водозахватных сооружений, определения производительности водозабора в целом и установления оптимального режима его эксплуатацни в пределах объемов забираемой воды, зафиксированных в разрешении на специальное водопользование.

При приемке сооружений рабочей приемной комиссией производятся следующие работы: замер полной глубины колодца, определение статического и динамического уровней воды, а также удельного расхода воды или производительности сооружений. Проверяют: расположение обсадных труб (отметки низа—верха), вертикальность колодцев, крепление насосного агрегата к нижнему фланцу опорной плиты колодца, комплектность водоподъемного оборудования с автоматикой пуска, качество выполнения бетонного фундамента для опорной плиты, положение электропривода в колодцах и его крепление к водоподъемной трубе, правильность монтажа напорного трубопровода (на участке от водозаборного сооружения до сборного резервуара) и наличие на нем запорной задвижки, обратного клапана, манометра, водомера и крана для взятия проб воды.

По окончании проверки и выполнения отладочных и регулировочных работ в присутствии комиссии производится повторный пуск скважины в нужном эксплуатационном режиме.

При эксплуатации колодцев следует постоянно контролировать их работу: отмечать время пуска и остановки агрегата, замерять расход воды по водомеру.

В период эксплуатации колодцев осуществляются планово-предупредительные осмотр и ремонт (см. табл. 3.3). Состав работ по текущему и капитальному ремонтам приведен в табл. 3.5.

При периодической эксплуатации скважины для сохранения требуемого качества воды в ней необходимо откачивать воду че-

Таблица 3.5. Перечень основных видов работ по текущему и капитальному ремонтам вертикальных и горизонтальных скважин и шахтных колодцев

Текущий ремонт	Капитальный ремонт
Проверка состояния скважин; пробная откачка воды	Постройка и разборка буровой вышки при капитальном ремонте скважин
Смена изношенных деталей насоса, перебивка сальников, смена электротехнической аппаратуры	Обследование технического состояния скважины, обсадных труб, фильтра и замена их
Установка пневматического (или другого типа) указателя для определения статического и динамического уровней	Чистка и замена обсадных труб и фильтров
Монтаж и демонтаж водоподъемных или воздушных труб эрлифта и замена их	Чистка скважины от посторонних предметов и после обвалов, подъем опущенных насосов и их деталей
Определение характера и величины заиления или засорения водоприемной части скважины	Крепление скважины новыми колоннами обсадных труб
Чистка водоприемной части скважины от засорения и заиления	Переход на эксплуатацию другого водоносного слоя этой же скважины
Опускание водоподъемных и воздушных труб на новую отметку	Восстановление производительности скважины путем торпедирования или обработки соляной кислотой
Хлорирование скважины с целью обеззараживания ее	Цементация затрубного или межтрубного пространства и разбуривание цементной пробки
	Замена глубоководного водоподъемного оборудования
	Заделка (тампонаж) скважины и хлорирование ее после ремонта

рез 10—15 дней до полного исчезновения в ней мути, ржавчины. Результаты откачек следует заносить в эксплуатационный журнал. Если скважина вводится в эксплуатацию после консервации, то во время откачки необходимо брать пробы воды для ее анализа (примерно через 6—12 ч с начала откачки). В случае получения неудовлетворительного результата откачку следует продолжить. Колодцы, загрязнение которых происходит из-за дефектов обсадных труб, должны быть восстановлены.

Неполадки в работе колодцев устанавливаются по степени изменения производительности, статического и динамического уровней, удельного расхода и качества воды. Основные признаки неисправностей и возможные причины уменьшения производительности трубчатых колодцев приведены в табл. 3.6.

Срок нормальной эксплуатации колодцев зависит от способа и качества производства буровых работ, соответствия конструкции колодца и типа фильтра гидрологическим условиям, соблюдения правильного режима работы водоподъемного оборудования.

Вопрос о необходимости ремонта или ликвидации скважины решается организацией, которой принадлежит колодец, с участием представителей горного надзора, геологического контроля и местного санитарного органа.

К основным причинам нарушения работы колодцев относятся:

а) занос фильтра породой, который обусловливается: несоответствием конструкции фильтра гранулометрическому составу водоносных пород; повреждением водоприемной поверхности фильтра-сетки, проволочной обмотки или каркаса фильтра; несоблюдением установленных правил крепления колодца; недоведением обсадных труб до водоупорных пород; отсутствием сальника, наличием сальника низкого качества в кольцевом зазоре между потайной фильтровой и рабочей колоннами в колодце; отсутствием или неправильным выполнением затрубной и межтрубной цементации; недостаточной длиной надфильтровых труб; плохим качеством монтажа блочных фильтров (когда между отдельными блоками остаются зазоры); неправильной эксплуатацией колодца (частые остановки водоприемника и изменение количества отбираемой воды, завышение мощности водоподъемного агрегата и т.д.);

б) коррозия фильтров и труб при воздействии агрессивных вод, а также электрохимическая коррозия блуждающими токами;

в) зарастание фильтров и труб продуктами коррозии в виде гидрата окиси железа, соединений кальция и др.

Причины выхода из строя колодца устанавливаются путем его обследования, которое включает:

а) сбор, изучение и анализ всей предшествующей работы колодца, включая и процесс бурения;

б) сверку натурных и паспортных данных;

в) уточнение статического и динамического уровней воды, удельного дебита колодца при пробной откачке и в период эксплуатации;

Таблица 3.6. Основные признаки и причины уменьшения производительности артезианских скважин

Признаки уменьшения производительности скважин			Возможные причины уменьшения производительности скважин
Статический уровень	Динамический уровень	Удельный дебит	
Без изменения	Выше, чем раньше	Без изменения	Неисправность водоприемника
Постоянное понижение	Постоянное понижение	То же	Увеличение районной депрессии
Периодическое понижение	Периодическое понижение	»	Влияние работы соседних скважин
Без изменения	Ниже, чем раньше	Уменьшенный	Неисправность водоприемной части
Ниже, чем раньше	Без изменения	Почти без изменения	Утечка воды выше динамического уровня
То же	Ниже, чем раньше	Уменьшенный	Утечка воды ниже динамического уровня

г) систематизацию сведений по эксплуатации колодца (время эксплуатации, перерывы в эксплуатации, причины остановок водоподъемного оборудования и т. п.);

д) осмотр устья колодца, состояния водоподъемника, по возможности — проверка цементации межтрубного пространства;

е) осмотр сборного резервуара с целью установления попадания в него взвеси и образования осадка и проведение анализов этого осадка;

ж) вскрытие устья колодца;

з) извлечение из колодца водоподъемного оборудования;

и) обследование состояния скважины.

Все полученные данные сопоставляют с существующими записями в журнале эксплуатации колодца; затем составляют отчет, устанавливают возможные дефекты колодца, определяют предварительный объем ремонтных работ. Необходимое оборудование и инструмент, применяемые при ремонте, приведены в табл. 3.7.

Очистка стенок обсадных труб и фильтров от отложений солей и продуктов коррозии может производиться пауком с тупыми зубьями (на трубах, не разрушенных коррозией) или металлической щеткой (на трубах, частично разрушенных коррозией). Отложения, осевшие на забое во время очистки скважины, извлекаются же-

Таблица 3.7. Оборудование и инструмент, применяемые для ремонта скважин

Скважины	Оборудование	Инструменты и материалы	Водоподъемное оборудование
Неглубокие (глубина до 50 м, начальный диаметр *до 168 мм*)	Автокран, тренога (металлическая, деревянная), *лебедка* (ручная, приводная), талевая система	Желонка, бурильные трубы, буровой инструмент (*комплектно*), стальной канат, ловильный инструмент, разные вспомогательные материалы	Ручной поршневой насос, эрлифт, наружные *насосы типа АТН*, ЭВЦН и др.
Средние (глубина до 300 м, начальный диаметр до 700 мм и более)	Автокран, вышка (металлическая или деревянная), мачта, приводная лебедка, буровой ударно-канатный или передвижной роторный станок, талевая система	То же	Эрлифт, погружные насосы
Глубокие (глубина до 1200 м, начальный диаметр до 1000 мм)	Роторный станок	»	То же

Таблица 3.8. Основные технические данные желонок для очистки скважин

Желонки	Конструкция	Диаметр, мм	Длина, м	Диаметр скважины, мм
Клапанная	Открытая	60	3—12	89
		73		114
		89		168
		114		168—219
		127		219
		168		273
Поршневая	Поршень из колец прорезиненного ремня	73	7	114—127
		89		168
		114		219
		127		273

лонкой, эрлифтом или предварительно установленной трубой-ловушкой с закрытым дном, которая закрепляется в необходимом месте на колонне обсадных труб; ловушка периодически извлекается и очищается от осадка.

Для очистки неглубоких скважин от пробок в большинстве случаев применяют желонки с тарельчатым клапаном (табл.3.8). Пробки больших размеров и из разнородных материалов (песок, глина и т. п. с примесью мелкого металлолома, строительного мусора и др.) удаляют комбинированным способом: путем разрыхления долотом или пикой и желонкой, водяной промывкой. Пробки из песка различного гранулометрического состава и мелкой гальки вымывают с помощью эрлифта с одновременной подачей воды.

В большинстве случаев пробки в скважине образуются в результате неправильного размещения сальника на надфильтровой трубе, недостаточной длины надфильтровой трубы, плохого качества гравийной засыпки. Для предупреждения образования пробок в зависимости от конструкции колодца и его состояния, высоты статического и динамического уровней воды принимают следующие меры:

на надфильтровую трубу плотно надевают патрубок с сальником и заливают цементным раствором поверх сальника;

наращивают патрубок до соответствующей длины для предотвращения поступления песка в скважину через зазор между трубами;

дополнительно засыпают гравий в зазор потайной фильтровальной колонны.

При длительном пескование неглубоких скважин поверхность земли вокруг устья скважины оседает, появляются воронки обрушения. В этом случае принимают меры, чтобы ликвидировать процесс пескования, а воронку заполняют суглинком или глиной во избежание проникновения в колодец поверхностных вод.

Капитальный ремонт проводится специальными строительными организациями. Он включает частичную или полную замену обсадных или фильтровальных колонн, при необходимости расширение диаметра рабочей колонны колодца, цементацию колонн обсадных труб.

Со временем фильтры, особенно с малой скважинностью и незначительными размерами проходных отверстий, могут закупориваться осадками и отложениями солей; при этом водоносные породы вокруг фильтра цементируются, вследствие чего расход воды постепенно снижается. В этих случаях применяют механические, химические и комбинированные (механические и химические) способы очистки колодцев.

Наличие отложений определяется путем промера глубины колодцев, который осуществляется с помощью штанг, снабженных на конце желонками.

По образцу породы, извлеченной желонками из фильтра, можно установить причины заноса фильтра и характер его повреждения:

наличие мелкого илистого песка с диаметром частиц, во много раз меньшим размера проходных отверстий установленной сетки, указывает на несоответствие номера сеток или гранулометрического состава гравийных обсыпок составу водоносных пород.

разнозернистый песок с частицами, диаметр которых превышает размер проходных отверстий сетчатых или щелевых фильтров, свидетельствует о прорыве сетки или повреждении поверхности фильтра;

присутствие разнозернистого песка с гравием и галькой, размеры которых превосходят размеры отверстий (сетчатого или щелевого) фильтра (фильтр занесен на высоту, превышающую отметку надфильтровой трубы), говорит о поступлении породы по кольцевому зазору между надфильтровой и обсадной трубами.

Очистка от осадков может осуществляться с помощью желонки. эрлифта, путем размыва грунта водой, а также комбинированными способами.

При работе желонкой происходит трамбование, уплотнение осадков и их забивка через перфорацию в зазор между сеткой и каркасной трубой, в результате чего возможны выпучивание сетки и, как следствие, ее разрыв. При очистке щелевых фильтров желонкой порода в щелях также может уплотняться и заклиниваться.

По данным практики, при заносах фильтров целесообразно применять желонки, действие которых основано на отсасывании осадка.

При эксплуатации колодцев в напорных водоносных слоях, представленных мелкозернистыми песками, применяют способ обратной промывки. В этом случае оголовок герметизируют. В верхнем фланце устраивают два отверстия. Через одно из них

пропускают трубу, доходящую до осадка в фильтре, а во второе вваривают патрубок, через который подают в колодец воду.

Использование эрлифта позволяет производить очистку в короткие сроки и исключить повреждение фильтров независимо от материала, из которого они сделаны. Эрлифтом удаляются как мелкие частицы, так и гравий, и галечник. Для очистки фильтров рекомендуются эрлифты с центральным расположением труб. При слежавшихся осадках в фильтрах может быть использована комбинированная установка, основанная на работе эрлифта с одновременной подачей воды.

Для очистки фильтров от механического засорения применяются устройства, в которых используются гидравлический удар и вакуумирование в колодце или фильтре. Таким устройством, например, является поршень с манжетами. При погружении в воду утяжеленный поршень давит на воду и тем самым создает давление на забой и стенки фильтра. При некотором (повышенном) давлении клапан в фильтре открывается и пропускает воду. При подъеме поршня он закрывается, под поршнем создается вакуум. Под действием внешнего давления вода с силой устремляется к фильтру и вымывает частицы, заклинивающие фильтрационные поверхности (сетки, щели, гравийные обсыпки). При работе с поршнем следует предусмотреть меры предосторожности, чтобы не повредить фильтр (особенно сетчатые фильтры, у которых возможен прорыв сетки).

Эффективным методом очистки фильтров и повышения производительности колодцев является кислотная обработка фильтров. Ее рекомендуется применять в профилактических целях, когда эксплуатируются скважины, вода которых содержит неустойчивые химические соединения, а также в тех случаях, когда требуется снижение механических усилий, необходимых для извлечения старых фильтров.

При промывке фильтров используется технический раствор соляной кислоты крепостью от 18 до 35 %. Влияние концентраций * технической и ингибированной соляных кислот, по данным В. М. Гаврилко, на степень растворения осадков отражено в табл. 3.9.

При наличии в отложениях большого количества алюмосиликатов для повышения растворимости глины в соляную кислоту вводят плавиковую кислоту HF в количестве 5—8 %, которая способствует очистке отверстий фильтра, забитых фракциями песка и выпавшим гелем кремниевой кислоты.

При эксплуатации колодцев с водой, содержащей органические вещества, фильтры вначале обрабатывают ингибированной соляной кислотой для разрушения минеральных осадков, а затем серной кислотой для разрушения органических соединений.

---

* Приведенные в таблице концентрации кислоты получены в объеме воды, заключенном в фильтре.

Таблица 3.9. Зависимость растворения осадков от степени концентрации технической и ингибированной соляных кислот

Осадок, заполняющий пространство между сеткой и трубой	Растворение осадков, %, при концентрациях соляных кислот, %							
	технической				ингибированной			
	5	10	15	20	5	10	15	20
В верхней части фильтра	44,33	64,81	80,64	92,99	41,67	58,83	74,29	86,65
В средней части фильтра	52,74	72,39	83,10	87,01	51,17	71,21	81,30	85,94
В нижней части фильтра на расстоянии 1 м от отстойника	58,61	68,04	69,51	69,63	66,12	67,06	67,31	68,11

Примечание. Отношение навесок образца к количеству кислоты 1 : 10, время воздействия кислоты равно 24 ч при $t = 15 \div 16°$ С.

Ингибиторы представляют собой органические добавки к кислоте. Ингибированные кислоты способны растворять окислы металлов, но не воздействуют на чистые металлы. Промышленность изготавливает соляную кислоту с ингибитором ПБ-5. В случае приготовления ингибированной кислоты на месте работ можно применять один из ингибиторов в следующих количествах (%): катапин — 0,5, уникол У-2 — 2, уникол К — 0,15, уникол ПН — 0,4, уникол ДС — 0,3, формалин — 0,6. При использовании ингибитора ПБ-5 уксусную кислоту применять нельзя, так как добавка этой кислоты приводит к выпадению в осадок ингибитора.

После обработки фильтра кислотами производят откачку воды из обрабатываемого колодца и действующих колодцев, находящихся вблизи. Во время откачки не следует сбрасывать воду в открытые водоемы.

К недостаткам применения соляной кислоты для восстановления производительности скважин относятся: образование газов при обработке, высокая агрессивность растворов кислоты, трудности при ее хранении и транспортировке, необходимость принятия специальных мер по технике безопасности. В этом отношении более перспективно использование порошкообразных реагентов (тиосульфата и бисульфата натрия), в значительной мере лишенных недостатков, присущих соляной кислоте и не требующих специально оборудованного транспорта.

Перспективными методами восстановления производительности скважин являются импульсные методы с использованием энергии взрыва детонирующего шнура (ДШ) и электрогидроудара. Для увеличения дебита шахтных колодцев можно применять также устройство, показанное на рис. 3.2 (УИВХ, г. Ровно).

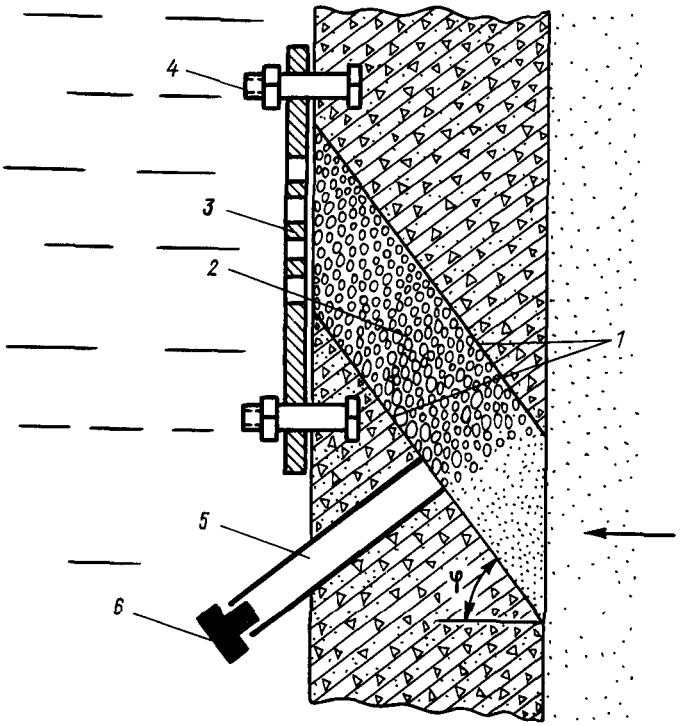


Рис. 3.2. Устройство водоприемной поверхности в шахтных колодцах

1 — наклонный канал к стенке колодца; *2* — сменяемая загрузка (фильтр); *3* — перфорированный лист; *4* — болты; *5* — труба для сброса сцементированной породы; *6* — пробка

Для установления дефектов в трубчатых колодцах, а также для проверки качества выполненных ремонтных работ в практике бурового дела начинает внедряться фотографирование, которое позволяет получать снимки стенок колодцев (для обнаружения трещин, каверн и т. п.), поверхности фильтров, мест соединения труб и т. д. Для этой цели промышленностью выпускаются специальные фотоаппараты.

После производства ремонтных работ осуществляется дезинфекция надводной и подводной частей колодцев. При обработке хлорной водой подводной части колодцев после смешения хлора с водой концентрация его должна быть не менее 50 мг/л. Время их контакта принимается равным 3—6 ч, после чего воду откачивают до исчезновения заметного запаха хлора. Надводную часть в шахтных колодцах обмывают несколько раз раствором с концентрацией 50—100 мг/л активного хлора.

Надводная часть трубчатых колодцев (скважин) может быть заполнена хлорной водой с концентрацией активного хлора 50—100 мг/л на 3—6 ч.

Для фиксации хлорного раствора в пределах надводной части колодца рекомендуется устанавливать пневматическую пробку на несколько метров ниже статического уровня.

Основными причинами, вызывающими выход горизонтальных скважин лучевых водозаборов из строя или снижение их водоподачи, являются занос фильтров породой из эксплуатируемого водоносного пласта, химические отложения или биологическое обрастание поверхности фильтров и кольматация грунта дна водоемов.

Очистка фильтровых труб от механических, химических и биологических отложений может осуществляться по методикам, изложенным для вертикальных скважин.

Заилению (кольматации) подвергается небольшой поверхностный слой грунта дна русла водоемов. Для смыва его следует использовать подвижные надводные средства (катера) с механическими или гидравлическими устройствами.

При образовании осадков в горизонтальных и инфильтрационных водозаборах рекомендуется производить промывку их высоконапорными струями воды через смотровые колодцы.

Эксплуатация каптажей заключается в поддержании в исправном состоянии входа в водоприемную камеру, вентиляции, водопереливных труб, сеток на всех отверстиях, исключающих попадание насекомых и земноводных в камеру, а также всех строительных конструкций. Камеры каптажей следует в определенные сроки промывать и дезинфицировать.

При эксплуатации всех водозаборных сооружений для захвата подземных вод необходимо обращать внимание на содержание зон санитарной охраны и предусматривать меры, предотвращающие попадание загрязнений как в водозаборные сооружения, так и в водные источники.

Глава II. ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ

§ 3.6. Испытания и приемка наружных трубопроводов

Испытания наружных трубопроводов гидравлическим способом (определение величины испытательных давлений, допустимых значений утечек воды, испытание трубопроводов в особых условиях), а также их приемка в эксплуатацию должны производиться в соответствии с требованиями СНиП III-30—74.

§ 3.7. Организация службы сети

Нормативы численности рабочих для обслуживания водопроводных сетей устанавливаются в зависимости от протяженности водоводов и сетей с учетом числа рабочих, занятых ликвидацией аварий на сетях (табл. 3.10).

Таблица 3.10. Нормативы численности рабочих по обслуживанию водопроводной сети

Протяженность водопроводной сети, км, до	Численность рабочих, чел.	Протяженность водопроводной сети, км, до	Численность рабочих, чел.	Протяженность водопроводной сети, км, до	Численность рабочих, чел.
12	3,0	150	23,8	330	41,3
15	3,6	160	24,8	340	42,3
20	4,9	170	25,8	350	43,3
25	6,1	180	26,7	360	44,3
30	7,3	190	27,7	370	45,3
35	8,5	200	28,7	380	46,2
40	9,7	210	29,6	390	47,2
45	10,9	220	30,6	400	48,2
50	12,2	230	31,6	410	49,2
60	13,3	240	32,5	420	50,2
70	14,5	250	33,5	430	51,1
80	15,7	260	34,5	440	52,1
90	16,8	270	35,5	450	53,1
100	18,0	280	36,4	460	54,1
110	19,2	290	37,4	470	55,1
120	20,3	300	38,4	480	56,0
130	21,5	310	39,4	490	57,0
140	22,7	320	40,4	500	58,0

Примечания: 1. При протяженности сети свыше 500 км на каждый последующий километр сети добавляется норматив 0,11 человека. 2. При расчете численности рабочих в общую протяженность сети включается протяженность водоводов. 3. При обслуживании сетей в особых климатических условиях (города Крайнего Севера и Сибири), а также сетей с повышенной степенью засоряемости к нормативам численности могут применяться поправочные коэффициенты, которые устанавливаются на местах вышестоящими организациями в зависимости от конкретных условий эксплуатации сетей.

При протяженности сетей водопроводов менее 10 км численность рабочих по требованию техники безопасности устанавливается не менее 3 человек.

В состав работ при эксплуатации сети входят: профилактический осмотр сети; осмотр и ремонт пожарных гидрантов и арматуры сети; измерение давлений на сети манометром; соединение и разъединение фланцев; подчеканивание раструбов чугунных труб; постановка седелок; смена хомутов у седелок в колодце под напором; утепление сетевой арматуры и пожарных гидрантов; разборка утеплений; отогревание замерзших участков сети и арматуры; пуск и закрытие поливочных водопроводов; промывка домовых вводов с прочисткой фасонных частей в колодце и у водомера; ремонт кирпичных колодцев со сменой чугунного люка; очистка колодцев от грязи; очистка крышки от снега и скалывание льда вокруг водоразбора; ремонт и проверка водомеров.

Для правильной эксплуатации водоводов диаметром до 1000 мм по незастроенной территории предусматривается зона санитарной охраны по 5 м в обе стороны от оси трубопровода, при диаметре водоводов более 1000 мм — по 10 м в обе стороны от оси трубопровода.

Для обеспечения аварийно-восстановительных и профилактических работ по обслуживанию водоводов в этой зоне запрещается проводить все виды хозяйственной деятельности без согласования владельцев водопроводной сети.

Районирование водопроводной сети производится таким образом, чтобы протяженность сети района не превышала 300—350 км, а расстояние между самыми удаленными точками друг от друга было не больше 10 км.

§ 3.8. Работы по содержанию и ремонту сетей

Планово-предупредительные осмотры и ремонты (ППО и ППР) проводятся с целью предотвращения повреждений, вызываемых естественным износом, и осуществляются в соответствии с указаниями, приведенными в табл. 3.11—3.14.

В соответствии с современными требованиями по повышению производительности труда, сокращению сроков ликвидации аварий и производства работ эксплуатационные участки должны быть обеспечены аварийно-ремонтными механизмами: компрессорами, экскаваторами, пневматическими сваебоями, автоматическими подъемными кранами, электросварочными агрегатами (в том числе подводными автосварочными агрегатами), механизмами для чеканки, обрубки, сверления и обрезки труб; специальными машинами (аварийно-водопроводной АВМ-2, ремонтно-водопроводной РВМ-2, оперативно-водопроводной ОВМ-1); механизированными насосами для удаления воды из котлованов, колодцев, а также установками для опрессовок отремонтированных участков трубопроводов и др. (табл. 3.15).

Технические характеристики талей, домкратов, подъемных кранов, пневматических молотков и других механизмов приводятся в справочниках по специальным работам (монтаж систем внешнего водоснабжения и канализация).

Основным трудоемким видом работ является прочистка от отложений участков трубопроводов, промывка и дезинфекция их.

Причинами отложений могут быть:

коррозия металла труб, которая приводит к образованию гидроокиси железа $Fe(OH)_3$;

выпадение из воды при движении ее по трубопроводам случайно попавших механических примесей (песок, ил, глинистые частицы и т. п.);

жизнедеятельность бактерий (например, железобактерий);

выпадение на стенки трубопроводов солей железа и кальция.

Наличие в воде хлоридов и сульфатов (ионы их разрушают защитные окисные пленки) стимулирует образование коррозионных отложений. В случае высокой концентрации хлоридов и сульфатов (300—400 мг/л) значительные отложения имеют место и при малых величинах показателя стабильности (0,2—0,4).

Таблица 3.11. ППО и ППР по содержанию сети

Наименование работ	Состав работ	Сроки работ
Обход сети	Обход по трассе водопроводных линий с проверкой наличия координатных таблиц, а также наличия и состояния крышек колодцев и прочих сетевых устройств; выявление провалов мостовых у колодцев и на трассе водопроводных линий, течей на сети и прочих неисправностей	1 раз в 2 месяца
Осмотр линейной сетевой арматуры и прочего сетевого оборудования	Осмотр сетевой арматуры, заключающийся в проверке технического состояния линейных сетевых задвижек с провертыванием шпинделей, пожарных гидрантов, воздушников, колодцев, специальных колодцев и других устройств на водопроводных линиях	1 раз в год
Обследование технического состояния дюкеров	Проверка дюкеров на утечку с помощью водомеров или каким-либо другим способом	1 раз в год
Осмотр переходов под путями (туннелей)	Осмотр переходов под железнодорожными путями и устройств, расположенных в них	1 раз в год
Техническое обследование домовых вводов	Определение технического состояния водопроводного ввода на объекте: задвижки колодца, труб, подводки к водомеру и всех кранов у водомера; проверка состояния водоснабжения объекта и наличия утечки из внутренней сети	1 раз в 1—2 года
Осмотр и проверка уличных водоразборов	Осмотр уличных водоразборов, регулировка их работы	1 раз в месяц
Исследование режима работы водопроводной сети	Выявление распределения свободных напоров на водопроводной сети города путем проверки давления манометрами в контрольных точках	1 раз в 2—3 месяца
Промывка сети	Промывка тупиковых линий, участков кольцевой сети	В зависимости от местных условий
Мероприятия по предохранению сетевых устройств от замерзания	Отепление и снятие отепления с сетевой арматуры; проверка подготовленности к зиме внутридомовых водопроводов и узлов водомеров	Ежегодно в IV и II кварталах
Проверка запаса воды в подземных резервуарах	Проверка запаса воды в резервуарах и пожарных водоемах	Ежедневно

Таблица 3.12. Перечень основных видов работ по текущему и капитальному ремонтам водопроводной сети

Наименование объекта	Текущий ремонт	Капитальный ремонт
Задвижки	Набивка сальников и подтяжка гаек; смена болтов, прокладок; окраска корпуса	Разборка задвижек, чистка, смазка с заменой износившихся частей, шабровка, расточка или замена уплотнительных колец задвижек; замена изношенных задвижек
Пожарные гидранты	Ремонт крепления, смена болтов и прокладок; окраска корпуса	Ремонт с заменой изношенных частей; смена негодных гидрантов; врезка новых пожарных подставок с установкой гидрантов
Водоразборные колонки	Ремонт на месте неисправных колонок с проверкой работы эжектора и других частей колонки; окраска корпуса	Ремонт с заменой износившихся деталей; ремонт и асфальтирование площадок и отводных лотков; замена полностью износившихся колонок; замена колонок устаревших конструкций на новые, усовершенствованные; установка указательных табличек
Вантузы и предохранительные клапаны	Замена болтов, прокладок, регулировка работы; окраска	Ремонт со сменой изношенных деталей и проверкой работы; замена полностью износившихся вантузов или предохранительных клапанов
Домовые водопроводные вводы	Ремонт отдельных поврежденных мест	Перекладка изношенных труб ввода; химическая, гидропневматическая или механическая чистка ввода для восстановления его пропускной способности; присоединение отдельных домов к водопроводной сети; смена водомеров; установка регуляторов давления на водопроводных вводах; перевязка водомерных узлов, выноска водомеров из приямков и колодцев; смена изношенных хомутов и седелок
Защита сети от коррозии блуждающими токами	Снятие потенциальных диаграмм трубопровод — земля с целью выявления анодных зон	Рытье контрольных шурфов в местах наибольшего положительного потенциала трубопроводов относительно земли для определения коррозионных повреждений; установка защиты трубопроводов от коррозии блуждающими токами и почвенной коррозии
Центральные диспетчерские пункты	Замена отдельных узлов пульта управления и приборов сигнализации и автоматизации	Переоборудование пунктов с установкой модернизированных пультов управления по новой технологической схеме

Наименование объекта	Текущий ремонт	Капитальный ремонт
Трубопроводы и сети	Заделка отдельных мест утечек путем постановки ремонтных муфт, хомутов или сваркой	Замена участков труб, пришедших в негодность, на трубы в отдельных случаях даже из другого материала; общая протяженность таких участков не должна превышать 200 м на 1 км
	Подчеканка отдельных раструбов; смена одиночных труб	Обследование сетей на утечку на участке, подлежащем капитальному ремонту, с применением специальных приборов с опрессовкой этого участка водой, с последующей ликвидацией обнаруженных неисправностей
	Проверка на утечку отдельного участка сети	Химическая или гидропневматическая промывка сети или механическая прочистка ее с промывкой водой, применяемые вместо перекладки заросших участков; полная замена гидроизоляции и теплоизоляции трубопроводов с восстановлением и заменой коробов и футляров; перечеканка и заделка стыков; противокоррозионная защита наружных трубопроводов
Колодцы и камеры	Устранение свищей, заделка отдельных мест разрушенной кладки; ремонт ходовых скоб и лестниц; ремонт отдельных мест стен, колодцев; обделка потревоженных люков	Ремонт кирпичной кладки колодцев и камер с разборкой и заменой перекрытия кирпичных сводов, стальных балок; демонтаж и замена изношенной арматуры и фасонных частей; замена крышек и регулировочных камней в основании люков; перекладка горловин колодцев и камер; оштукатуривание колодцев заново; замена пришедших в негодность деревянных колодцев на кирпичные или из сборного железобетона; смена и ремонт настила в камере с задвижками большого диаметра; смена лестниц и ходовых скоб; полное восстановление гидроизоляции колодцев
Дюкеры и водовыпуски	Очистка дюкеров от грязи; частичная (до 50 %) планировка откосов; скашивание трав на откосах; ремонт отдельных мест штукатурки; окраска, ремонт и замена дюкерных знаков	Перекладка оголовков водовыпусков и дюкеров; замена гидроизоляционных шпонок и шпунтов дюкеров и полное восстановление гидроизоляции трубопроводов и каналов дюкеров; перечеканка стыков железобетонных труб дюкеров; ремонт оплывших откосов с заменой их крепления на более долговечное; ремонт ограждения дюкеров; смена затворов, шандоров и шиберов; планировка откосов каналов и насыпей при объеме работ более 50 %; ремонт водовыпускных колодцев

Таблица 3.13. Ориентировочная периодичность работ по капитальному ремонту сетей и сооружений на них

Наименование объекта	Наименование сооружения и характер работ	Периодичность в годах
	Ремонт	
Сети водопровода со смотровыми колодцами и оборудованием	Трубопроводы чугунные	20
	Трубопроводы стальные	15
	Трубопроводы асбестоцементные	10
	Задвижки	5
	Пожарные гидранты	4
	Водоразборные колонки	4
	Смотровые люки	10
	Смена	
Дюкеры стальные	Задвижки	20
	Водоразборные колонки	10
	Пожарные гидранты	20
	Люки колодцев	20
	Гидропневматическая промывка	3

Таблица 3.14. Единичные нормы по эксплуатации водопроводных сетей *

Наименование работ	Плановая норма, чел.-ч	Состав бригады, чел.	Выработка на бригаду, чел.-ч
Содержание сети			
Обход сети, км	0,6	1	13,3
Осмотр сетевой арматуры, место	0,8	3	30
Техническое обследование домовых вводов, место	2	3	12
Промывка водопроводной сети:			
кольцевых участков сети, км	16	3	1,5
тупиковых линий, место	1	3	24
домовых вводов, место	3	3	8
Мероприятия по предохранению сети от замерзания:			
отепление сетевых задвижек, место	0,5	3	48
отепление пожарных гидрантов ленинградского типа, место	0,5	3	48
отепление пожарных гидрантов московского типа, место	0,7	3	34
отепление водоразборных будок, место	3,5	3	6,8
снятие тепловой защиты с сетевых задвижек, место	0,4	3	60
снятие тепловой защиты с пожарных гидрантов ленинградского и московского типов, место	0,4	3	80

* Таблица составлена на основании данных управления «Водоканал» при Ленгорисполкоме.

Продолжение табл. 3.14

Наименование работ	Плановая норма, чел.-ч	Состав бригады, чел.	Выработка на бригаду, чел.-ч
снятие тепловой защиты с водоразборных будок, место	2,0	3	12
Проверка работы водоразборов, место	0,25	1	32
Очистка крышек колодцев от снега, место	0,4	2	40
Обследование колодцев на наличие газа, место	0,07	1	114
Планово-предупредительный ремонт			
Ремонт водопроводных уличных магистралей, км	65	3	0,37
Ремонт домовых вводов, место	4	3	6
Текущий ремонт			
Замена и установка железных или эмалированных табличек, место	0,6	2	26,6
Крупный ремонт задвижек:			
домовых, место	10	3	2,4
линейных до 300 мм, место	12	3	2
линейных свыше 300 мм, место	24	3	1
Средний ремонт задвижек:			
домовых, место	3	3	8
линейных, место	3,2	3	7,5
Ремонт кранов у водомеров, место	1,5	2	11
Ремонт пожарных гидрантов:			
с боковыми задвижками, место	4	3	6
без боковых задвижек, место	7	3	3,4
Ремонт деревянных колодцев, место	7	3	3,4
Смена чугунных крышек, место	0,5	2	3,2
Ликвидация провалов у колодцев, место	3	3	8
Ремонт подводки к водомерному узлу, место	3	2	5,3
Ремонт отеплительных крышек, место	0,25	1	32
Заглушки домовых вводов, место	21	3	1,1
Регулировка крышки колодцев, место	3	3	8
Заготовка отеплительных крышек, место	1	1	8
Ремонт предупредительных знаков на дюкерах, место	3	3	8
Ремонт водоразборных будок, место	2,5	2	6
Ремонт чугунных колонок, место	3	3	8
Замена и устаиовка столбиков, место	2,4	3	10
Изготовление столбиков, место	0,7	1	11,4
Изготовление деревянных дощечек, место	0,25	1	32
Изготовление железных табличек, место	0,5	1	16

Таблица 3.15. Перечень механизмов, используемых при эксплуатационных и аварийно-восстановительных работах на сети водопровода и канализации

Наименование механизмов	Назначение
Автомашины специальные на базе ГАЗ-53, ГАЗ-5201, УАЗ-452 и др.	Передвижные мастерские: АРВМ (аварийные ремонтно-восстановительные машины), АВМ (аварийно-восстановительные машины), ОВМ (оперативно-водопроводные машины)
Экскаваторы типа ЭО-3322А, ЭО-4121, «Ленинградец», «Беларусь», ЭО-5015 («болотник») и др.	Для производства земляных работ
Гидравлические экскаваторы-планировщики на шасси «Татра», Э-4010	Для планировки земли на месте аварии
Бульдозеры типа ЛЭТ-250, Д-521А (Т-180), Д2442 (Т-130М), ДТ-75	Для производства земляных работ
Баровые установки: ЭТЦ-208 на базе трактора Т-130М; ЭТУ-165 на базе трактора МТЗ-82	Для резки твердых дорожных покрытий и мерзлых грунтов
Гидроударники типа «Роксон», СП-71-КЭЗ	Для резки твердых дорожных покрытий и мерзлых грунтов
Тягачи типа Краз-258, КамАЗ-5410, МАЗ-504, Кировец-701 и др.	Для транспортировки экскаваторов и других машин на гусеничном ходу на базы и к месту аварии
Трейлеры типа ПТ-40, 2ПП-25, Т-157А и др.	Для транспортировки экскаваторов и других машин на гусеничном ходу на базы и к месту аварии
Компрессоры дизельные прицепные ПВ-5	Для разработки грунтов ручным способом
Автопередвижные компрессоры типа ГАЗ-52, ЗИЛ-130	Для разработки грунтов ручным способом
Лаборатория электротехническая	Для контроля при работе на электроподстанциях и т. п.
Высоконапорные установки КО-504	Для промывки канализационных сетей и колодцев
Автоилососы КО-50, илосос ЗИЛ-150 и др.	Для очистки колодцев
Аварийные насосы на машинах типа ЗИЛ-150, ГАЗ-52	Для отлива воды
Установка «Вихрь» или трубоочистной снаряд Ду-300	Для гидродинамической очистки от отложений внутренней поверхности трубопроводов (разработано производственным эксплуатационно-аварийным управлением Мосгорисполкома)
Автонасосы прицепные типа «Атлантик», «Андижанец» и др.	Для отлива воды
Водоотливные насосы типа МТЗ-80, МТЗ-82 и др. на базе «Беларусь»	Для откачки воды
Прицепная электростанция мощностью до 20 кВт	Для подачи электроэнергии на месте аварии
Осветительная установка ГАЗ-53 с дизель-генератором ПАЗ на базе ЗИЛ-130	Для освещения места аварии с выносными прожекторами
	Для плазменной резки металлических конструкций
Установка СОВА	Для определения засоров на канализационных сетях

Наименование механизмов	Назначение
Автобус ПАЗ-672, микроавтобусы	Для перевозки бригад на ремонтные работы
Легковой автомобиль УАЗ-469, «Москвич»	Для проведения регламентных работ инженерно-технической службой
Установки DF-3000, LC-1000, FIN-24 и др., смонтированные на УАЗ, РАФ и других машинах	Для обнаружения местонахождения утечек на трубопроводах

Примечание. Ориентировочный перечень механизмов, установок и других устройств составлен на основании опыта работы эксплуатационной водопроводно-канализационной службы г. Ленинграда.

Прочистка водопроводных труб может быть произведена механическим, химическим и гидропневматическим способами.

Наличие отложений и необходимость прочистки трубопроводов устанавливается осмотром их внутренней поверхности через пожарные подставки временно демонтированных пожарных гидрантов, корпусы задвижек и т. п. или же путем вскрытия труб на участках.

Для механической прочистки применяются очистители и разрыхлители. Очистители могут быть с нераздвижными и раздвижными металлическими скребками. Более просты и удобны в работе очистители с нераздвижными скребками. При незначительных и мягких отложениях в трубах используются щеточные очистители, представляющие собой цилиндры, поверхность которых покрыта щетиной, изготовленной из упругой стальной проволоки. Для протаскивания очистителей через трубы прочищаемых участков применяют многожильные стальные эластичные тросы сечением 3—5 мм, длиной на 10—15 м больше длины прочищаемого участка. Для предварительного протаскивания троса применяются стальные упругие ленты или проволока, трубчатые сборные штанги или напорные поршневые приспособления со шнуром или тросом.

Стальные ленты должны обладать хорошей упругостью, не иметь остаточных деформаций, не ломаться, иметь ширину 20—30 мм и толщину 1—1,5 мм. Концы ленты обрабатываются в виде круглых наконечников. Применяется также упругая стальная проволока диаметром 5—6 мм. Вводимый конец должен иметь петлю размером 30—40 мм. Трубчатые сборные штанги рекомендуется делать из дюралюминия. Желательно, чтобы на конце переднего звена штанг для лучшего передвижения их по трубе имелись ролики. При использовании напорного устройства в трубопровод может быть введен не только шнур, но и трос. Прочистка участков водопроводной сети, как правило, производится через подставки временно демонтированных пожарных гидрантов или

химическим способом, который заключается в наполнении прочищаемого участка раствором 20 %-ной ингибированной кислоты (см. табл. 3.9).

Для восстановления пропускной способности действующих трубопроводов может быть использован трубоочистной снаряд Ду-300, разработанный заводом «Водоприбор» треста «Мосводоканал».

Снаряд вводится в трубопровод и под действием давления воды движется в нем самостоятельно с контролируемой скоростью, меньшей скорости движения воды. При движении по трубопроводу снаряд удаляет продукты обрастания с его внутренней поверхности и разрушает их. Разрушенные отложения в виде взвеси транспортируются со скоростью движения воды и удаляются, не забивая трубопровод. Основными узлами снаряда являются движитель и передатчик. Движитель включает ряд упругих элементов, вырабатывающих при прохождении через них рабочей жидкости серию несильных высокочастотных толчков в осевом направлении, благодаря чему происходит непрерывное перемещение очистного снаряда в трубопроводе. Собственно очистная часть снаряда состоит из двух головок-держателей для ножей, соединенных между собой шарнирами. Ножи отделяют имеющиеся на стенках трубопровода продукты обрастания с помощью V-образных желобов. Передатчик служит для определения местонахождения снаряда в трубопроводе.

Скорость движения рабочей жидкости должна быть не менее 1,4 м/с, необходимо давление для очистки — 0,17 МПа, толщина обрастания — в пределах 10—70 мм, минимальный радиус поворота трубы — 450 мм, скорость движения снаряда при этих условиях — 1,0 м/с.

Для очистки трубопроводов может применяться устройство «Вихрь», которое разработано производственным эксплуатационно-аварийным управлением районов водопроводной сети (ПЭАУ) Мосгорисполкома.

Основными узлами устройства «Вихрь» являются реактивная насадка с хвостовиком и механизмом регулирования скорости вращения в зависимости от скорости линейного перемещения устройства по трубопроводу.

Механизм состоит из пары зубчатых колес, одно из которых жестко закреплено на корпусе реактивной насадки, и пары ходовых колес, кинетически связанных со вторым зубчатым колесом. При вращении реактивной насадки струи воды из наклонных отверстий (сопел) равномерно с перекрытием очищают всю внутреннюю поверхность трубопровода от отложений.

Гидропневматический способ прочистки заключается в пропуске через трубы смеси воды и воздуха в пропорции 1 : 6 (на 1 м^3 воды подается 6 м^3 воздуха). При совместном движении воды и воздуха резко меняется структура их потока, в результате чего создаются завихрения. Сжатый воздух расширяется и за счет

своей энергии создает увеличенные скорости воздушно-водяной эмульсии, размывающей уплотненные отложения. Промывку сети с применением сжатого воздуха производят на участках длиной 200—500 м. Все переломные точки на профиле сети принимают за границы промываемого участка.

В некоторых случаях трубы прочищают путем высверливания отложений из них с помощью буров. Этот способ применяется при чрезмерно заросших трубах и плотных отложениях.

Прочищенные участки водопроводных сетей должны быть промыты и продезинфицированы. Продолжительность промывки определяется количеством и характером отложений, напором воды в сети и т. п. Промывка заканчивается тогда, когда выходящая вода не будет содержать частиц отложений. Обеззараживание прочищенного участка осуществляется введением в него хлора [2].

Промывка и дезинфекция осуществляются в несколько этапов: предварительная промывка—дезинфекция — окончательная промывка до получения двух удовлетворительных бактериологических и физико-химических анализов воды. При получении неудовлетворительных анализов процесс повторяется до положительных результатов.

Аварийный ремонт производится в случаях обнаружения повреждений, в результате которых нарушается режим работы водопроводной сети и системы водоснабжения в целом (переломы труб, трещины, нарушение герметичности стыковых соединений и т. п.). Неисправности и способы их устранения приведены в табл. 3.16.

Причиниами появления аварийного состояния водоводов и сетей являются: возникновение гидравлических ударов при внезапном гашении электроэнергии или по другим причинам; вибрация стыков (особенно в зыбких грунтах), например, при движении тяжеловесного транспорта, приводящая к нарушению стыковых соединений; повышение напоров в сетях с целью поддержания расчетных расходов воды при загрязнении труб отложениями; электрохимическая и почвенная коррозия; блуждающие токи; недоброкачественное выполнение монтажных работ; постороннее воздействие на трубопроводы (например, при земляных работах.) Установлено, что число повреждений увеличивается с октября и до февраля. Это объясняется тем, что при замерзании насыщенного осенней влагой грунта происходит неравномерное сжатие его. В дальнейшем (ноябрь—февраль) грунт промерзает по глубине. При наличии склонных к выпучиванию влажных грунтов происходят значительные деформации, влияющие на состояние труб и стыковых соединений.

При нарушении цементной и асбестоцементной заделок раструбов старая заделка должна быть обязательно вырублена и заменена новой. При ликвидации аварий заделку стыков допускается производить свинцом, резиновыми кольцами или резиновым шнуром с устройством асбестоцементного замка путем послойно

Таблица 3.16. Перечень неисправностей в сетях и способы их устранения

Неисправность	Способ устранения
Наличие продольных трещин в стенках труб	Для заделки небольших продольных трещин в стенках труб ставят накладные муфты или седелки. В чугунных трубах предварительно ударом молотка (массой 1 кг) проверяют, не увеличиваются ли трещины в длину; между поверхностью трубы и муфтой прокладывают эластичную листовую резину, посредством которой достигается герметизация дефектного места; для того чтобы в дальнейшем трещина не увеличивалась в длину, на концах ее высверливают отверстия диаметром 1—3 мм; трещины на стальных трубах заваривают, предварительно освободив трубопровод от воды; до начала сварочных работ устанавливают точные границы трещин; для этого место трещины смачивают керосином, а через 20—30 мин тщательно вытирают; затем поверхность простукивают; в тех местах, где есть трещина, керосин выступает на поверхность в виде капель
Наличие свищей в трубах	Свищи диаметром не более 25 мм заделывают путем рассверливания стенок трубы и последующей постановкой стальной или бронзовой пробки, обмотанной прядью, на суриковую замазку или белила; групповые и одиночные свищи диаметром более 25 мм в стенках чугунных труб заделываются с помощью накладных муфт, седелок с хомутами с прокладкой листовой резины для герметизации
Наличие поперечных переломов труб	Переломы чугунных труб устраняют установкой накладных муфт с резиновыми уплотняющими прокладками; часть трубы у места перелома вырубают, затем ставят новый участок трубы и закрепляют надвижной муфтой (или двумя муфтами)
Течь в соединениях труб	Течь в соединениях труб временно (до выключения поврежденного участка) устраняют заклиниванием образовавшегося отверстия мелкими деревянными клиньями; в случае утечки воды через прокладку между фланцами подтягивают болты; если течь не прекращается, то старую прокладку заменяют новой; при неисправности болтового соединения производится его замена; небольшие (волосные) трещины в стальных трубах устраняют зачеканиванием; если зачеканка не достигнет цели, то место повреждения обертывают тканью, брезентом, мешковиной, войлоком или резиной, затем листовой сталью и стягивают хомутами; в случае утечки воды через закрытые задвижки, вентильные и водоразборные краны уплотняют набивкой в сальниках или же заменяют сальники; трещины в бронзовой или стальной арматуре запаивают; в качестве припоя используют сплав свинца и олова в пропорции 2 : 1; место припоя защищают и покрывают травленой соляной кислотой

чередующейся зачеканки прядей льна и асбестоцемента. Свежезаделанные раструбные стыки, сразу поставленные под воздействие гидравлического давления, должны находиться под наблюдением 2—3 суток; давление при этом не должно превышать 0,3 МПа.

При повреждении раструбов чугунных труб либо устанавливают специальные накладные муфты, либо вырубают дефектный раструб и гладкие конусы труб закрепляют надвижной муфтой.

Заделка трещин и раковин на внутренней поверхности бетонных, стальных и чугуннух трубопроводов может осуществляться бетонным раствором. Раствор, приготовленный из сульфатостойкого портландцемента, наносится на стенки труб с помощью растворонасосов с распылительной головкой, смонтированных на тележках, имеющих сзади вращающиеся лопасти для разравнивания набрасываемого на стенки труб раствора. При диаметре трубопровода менее 610 мм растворонасосы передвигают по нему с помощью электролебедки; в трубах большого диаметра применяются самодвижущиеся механизмы.

Ремонт водопроводных труб может осуществляться торкретированием цементным раствором. Этот способ применим для труб диаметром 900 мм и более. Цементный раствор (торкретбетон) под большим давлением послойно наносится на внутреннюю поверхность труб. Торкретбетон представляет собой смесь песка, цемента и воды, которая нагнетается по гибкому шлангу в цементную пушку. Компрессор создает в ней избыточное давление, под действием которого торкретбетон разбрасывается по стенкам.

При необходимости внутреннюю поверхность труб перед торкретированием укрепляют арматурной сеткой для повышения прочности защитной оболочки. Внутренние поверхности сильно поврежденных в результате коррозии труб могут покрываться термопластичными смолами. Этими смолами также могут покрываться поверхности и новых трубопроводов, если намечается транспортировка по ним агрессивных жидкостей.

Для предотвращения возможного выпирания раструбных стыковых соединений труб и для придания им большей жесткости применяют специальные стягивающие устройства. Для предохранения стальных болтов от коррозии их покрывают битумным лаком.

Новые водопроводные линии или вводы в сооружения подсоединяются к существующим магистралям с помощью заранее установленных тройников с задвижками, а также путем врезки в существующую магистраль и установки седелок или нового тройника (см. рис. 8.3).

При подсоединении в существующую магистраль новой линии путем установки тройника необходимо отключать магистраль и откачивать воду с отключенного участка, что является существенным недостатком данного способа.

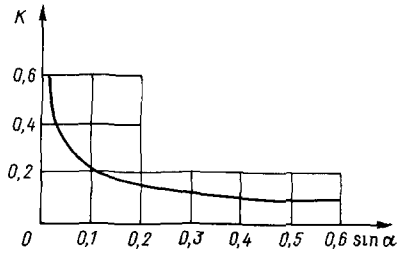


Рис. 3.3. Значение безразмерного коэффициента K

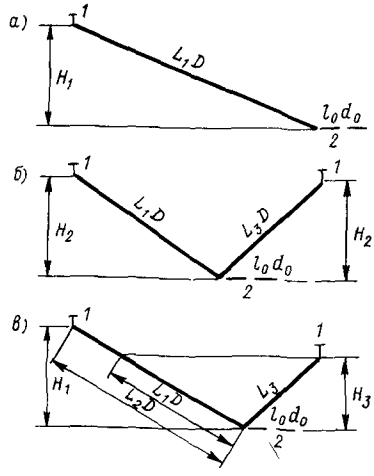


Рис. 3.4. Расчетные схемы выпуска воды из водоводов
1 — вантузы; 2 — выпуски

В повышенных местах водопроводных магистралей и в процессе эксплуатации, а также при пуске последних в трубопроводах образуются воздушные скопления, которые уменьшают живое сечение, повышают гидравлическое сопротивление и тем самым снижают пропускную способность труб. Удалить эти воздушные скопления можно при определенной скорости движения жидкости (м/с)

$$v_в \geqslant k\sqrt{2gD\sin\alpha/\lambda}, \qquad (3.12)$$

где D — внутренний диаметр трубы, м; g — ускорение свободного падения тел, м/с^2; α — угол наклона нисходящего участка; λ — коэффициент гидравлического сопротивления; k — безразмерный коэффициент, определяемый по графику (рис. 3.3) или по формуле

$$k = 0{,}073\,(\sin\alpha)^{-0{,}43}.$$

При проведении ремонтных работ отдельные участки сетей и водоводов должны быть освобождены от воды. Продолжительность опорожнения трубопроводов постоянного диаметра через выпуски определяется по формулам А. А. Сурина, которые применимы при длине ремонтных участков до 1,5 км, длине выпускных ответвлений не менее 2 м и отношении диаметра выпуска к диаметру водовода $d_0/D = 0{,}35$ для схем, показанных на рис. 3.4.

Формулы А. А. Сурина преобразованы к более удобному и простому виду М. Е. Строгиным (см. ниже).

Продолжительность (t) и максимальная скорость опорожнения водовода ($v_{макс}$) могут быть вычислены по формулам:

по схеме рис. 3.4, *а*:

$$t_1 = 0{,}45\,(D/d_0)^2\sqrt{1{,}68 + \beta l_0}\,L_1/\sqrt{H_1}; \qquad (3.13)$$

$$v_{1макс} = 4{,}43\,(D/d_0)^2\sqrt{H_1/(1{,}68 + \beta l_0)}; \qquad (3.14)$$

по схеме рис. 3.4, *б*

$$t_2 = 0{,}45\,(D/d_0)^2\sqrt{2{,}36 + \beta l_0}\,[(L_1 + L_2)/\sqrt{H_2}]; \qquad (3.15)$$

$$v_{2\,\text{макс}} = 4{,}43/(D/d_0)^2\sqrt{H_2/(2{,}36 + \beta l_0)}\,[L_1/(L_1 + L_2)]; \qquad (3.16)$$

по схеме рис. 3.4, *в*

$$t_3 = 0{,}45\,(D/d_0)^2\,[\sqrt{1{,}68 + \beta l_0}\,(L_2/H_1)\,(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})] + \\ + \sqrt{2{,}36 + \beta l_0}\,[(L_1 + L_2)/\sqrt{H_2}]; \qquad (3.17)$$

$$v_{3\,\text{макс}} \approx v_{1\,\text{макс}}. \qquad (3.18)$$

Значения $\beta = \lambda_0/d_0$ (λ_0 — коэффициент сопротивления трубы выпуска) следующие:

d_0	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600
β	0,403	0,308	0,245	0,176	0,126	0,0957	0,0763	0,0628	0,0458	0,0353

Во всех формулах значения L и H измеряются в метрах.

При эксплуатации сетей своевременно должны быть приняты меры по предохранению от замерзания воды в трубопроводах и арматуре. Профилактической мерой предохранения трубопроводов от замерзания является укладка их ниже глубины промерзания грунта для данной местности. Трубопроводы, уложенные выше глубины промерзания грунта, следует дополнительно утеплить или обеспечить в них непрерывную циркуляцию воды.

Арматура (пожарные гидранты, задвижки, вантузы), устанавливаемая в смотровых колодцах, должна ежегодно отепляться перед наступлением морозов не только на участках трубопроводов, уложенных в зоне промерзания грунта, но и там, где недостаточно интенсивна циркуляция воды. Для отепления используется солома, древесная стружка, минеральная вата, войлок, пакля и другие теплоизоляционные материалы. Теплоизоляция укладывается на поддерживающие доски в горловинах смотровых колодцев, которые должны быть расположены на 0,4—0,5 м ниже крышки колодца.

Толщина слоя отепляющего материала принимается в зависимости от теплопроводности материала и местных климатических условий. Практически для средней полосы можно принять толщину слоя (см): для соломы и древесной стружки — 25÷30, для минеральной ваты — 10÷15, для войлока — 10÷12.

Утеплить колодец можно также, установив дополнительно деревянную крышку. Утепляющий материал в колодец должен укладываться только в сухом состоянии.

Отогревание замороженных участков водопроводной сети следудует производить с помощью горячей воды, пара и электрического тока. Горячей водой, как правило, отогревают трубопроводы небольших сечений и арматуру, располагаемую в смотровых колодцах или неотапливаемых помещениях. При этом отогреваемые участки обертывают ветошью и поливают горячей водой.

Замерзшие водомеры не разрешается отогревать водой или паром. Отогрев их производят в теплом помещении, для чего во-

домеры снимают с мест их установки. Отогревание замерзших участков паром более эффективно, чем горячей водой. Для использования пара в этих целях применяются передвижные паровые котлы с транспортировкой пара к местам разогрева с помощью прорезиненных шлангов диаметром 15—20 мм, длиной 50—60 м.

Отогрев арматуры в смотровых колодцах осуществляется путем подачи пара в колодец, который на это время закрывается (например, соломенными матами).

Для отогревания трубопроводов пар с помощью шланга подается в замерзший трубопровод через отверстие, образованное после снятия фасонной части, или через специально проделанное отверстие. По мере прогрева шланг продвигается вперед по трубопроводу на всем прогреваемом участке.

При отогреве водоразборной колоики (московского типа) пар по шлангу подается в кольцевое пространство между наружным корпусом и штангой. Время для отогрева замерзшей водоразборной колонки составляет 5—8 мин.

При использовании для разогрева замерзших участков трубопроводов электроэнергии ток должен быть (А): для вводов в здания и сооружения — не менее 200, для трубопроводов $d \leqslant 150$ мм — не менее 300, для трубопроводов $d > 150$ мм — не менее 500.

Для чугунных труб со стыками, заделанными свинцом, величина тока не должна превышать 500 А, так как в противном случае может расплавиться свинец в стыковых соединениях.

Применяя электрообогрев, необходимо учитывать следующее:

электрическим током можно разогревать только стальные трубопроводы и чугунные трубопроводы с раструбами, заделанными свинцом;

при подключении отогреваемого участка трубопровода к трансформатору один провод присоединяют к замороженному участку, другой — к незамороженному;

электрический ток расплавляет только незначительный слой льда, прилегающий к внутренней поверхности трубы; дальнейшее его плавление осуществляется водой, подаваемой в трубопровод через пожарный гидрант или другие устройства.

Ниже приводится ориентировочное время, необходимое для отогрева трубопровода:

Длина трубопровода, м . .	10	10—50	50—100
Время для отогревания, ч:			
при $d = 50$ мм	0,3—0,7	1,5—2,5	3,0—4,5
при $d = 100$ мм	1,0—1,5	2,5—3,4	4,0—6,0

§ 3.9. Контрольные испытания водоводов и сетей

Контрольные испытания водопроводных линий производятся с целью определения их технического состояния (пропускной способности, напоров, места и величины утечек). Испытываются

водоводы, магистральные и разводящие сети. В тех случаях, когда по тем или иным причинам во время испытаний использование постоянного оборудования системы водоснабжения (насосного и водомерного оборудования и др.) невозможно, применяют передвижные установки.

В ходе контрольных гидравлических испытаний водопроводов производятся следующие работы: манометрическая съемка, измерение гидравлических сопротивлений трубопроводов, контрольные испытаний на утечку, снятие фактических характеристик насосов.

При манометрической съемке измеряют свободные напоры в различных точках сети. В начальный период эксплуатации такая съемка позволяет уточнить расчетную схему сети. Для съемки рекомендуется использовать образцовые манометры класса 0,4. Они устанавливаются в колодцах, наиболее близких к узлам сети, где есть пожарные гидранты или заранее предусмотрены штуцера для подключения манометров.

Манометрическая съемка должна проводиться одновременно во всех испытываемых точках, по возможности при неизменных условиях работы сети и водоводов в часы максимального и минимального водопотребления.

Измерение гидравлических сопротивлений производят, чтобы определить зарастание труб и соответственно их пропускную способность. Методика проведения испытаний зависит от диаметра трубопроводов и осуществляется следующими способами:

сбросом воды через один пожарный гидрант;

сбросом воды через несколько последовательно расположенных пожарных гидрантов;

сбросом воды через стендер, снабженный специальной насадкой;

«способом трех манометров», разработанным АКХ им. К. Д. Памфилова.

Первым способом рекомендуется проводить испытания на линиях сети диаметром до 300 мм, так как измеряемый водомерами расход воды может быть не более 20—30 л/с.

Для измерения выбирают участок, по длине которого располагается не менее трех пожарных гидрантов (рис. 3.5). На первых двух устанавливают стендеры с образцовыми манометрами для фиксации напора в этих точках и определения по ним потерь напора. Вместо стендеров могут использоваться специально врезанные штуцера с кранами. На третьем гидранте монтируют стендер, через который производится сброс воды. Сброс определяется либо по объему (например, путем заполнения цистерн поливочных машин), либо с помощью водомеров. Во время испытания все водопотребители на испытываемом участке отключаются, задвижка закрывается. Надежность закрытия задвижек проверяется до начала измерений по показаниям манометров M_1 и M_2. При закрытой задвижке и отсутствии сброса через гидрант $Г_3$

показания манометров будут отличаться на величину разности их геодезических отметок, которая должна быть заранее известна.

Фактическое удельное сопротивление трубопровода определяется по формуле

$$A_{\text{факт}} = \Delta h/(lQ)^2, \tag{3.19}$$

где Δh — показания манометров при сбросе воды: $\Delta h = (M_1 + z_1) - (M_2 + z_2)$; Q — расход воды, сбрасываемой при испытаниях; l — расстояние между образцовыми манометрами; z — геодезическая отметка точки, в которой установлен манометр.

Степень зарастания испытываемого трубопровода будет характеризоваться отношением

$$k_c = A_{\text{факт}}/A_{\text{табл}}, \tag{3.20}$$

где k_c — коэффициент увеличения сопротивления; $A_{\text{табл}}$ — удельное сопротивление трубопровода данного диаметра по таблицам Ф. А. Шевелева; $A_{\text{факт}}$ — фактическое удельное сопротивление трубопровода.

Погрешности измерения $A_{\text{факт}}$ при использовании образцовых манометров класса 0,4 и водомера ВВ-50 не превышают 5 %.

Второй и третий способы являются модификациями первого. Они позволяют путем увеличения контролируемого расхода измерять с погрешностью 5—10 % сопротивления линий диаметром до 400 мм.

Измерения гидравлических сопротивлений четвертым способом производятся следующим образом.

Выбирается участок, на котором устанавливаются три манометра M_1, M_2 и M_3 (рис. 3.6). Часть транзитного расхода воды сбрасывается между манометрами M_1 и M_3. При этом происходит контроль напоров в начале и в конце участка, а также в точке сброса расхода q.

Удельное сопротивление $A_{\text{факт}}$ вычисляется с помощью уравнения баланса расхода воды в точке сброса:

$$Q_1 = q + Q_2, \text{ или } Q_1 = \sqrt{\frac{\Delta h_1}{A_{\text{факт}} l_1}} = q + \sqrt{\frac{\Delta h_2}{A_{\text{факт}} l_2}}, \tag{3.21}$$

где Q_1 и Q_2 — расходы по участкам.

Уравнение решается относительно фактического удельного сопротивления трубопровода:

$$A_{\text{факт}} = \frac{1}{q^2}\left(\sqrt{\frac{\Delta h_1}{l_1}} - \sqrt{\frac{\Delta h_2}{l_2}}\right)^2, \tag{3.22}$$

где Δh_1 и Δh_2 — потери напора соответственно на участках длиной l_1 и l_2.

При испытаниях на участке между манометрами M_1 и M_3 все водопотребители должны быть отключены. Для получения результатов с погрешностью до 5 % достаточно измерить расход q, составляющий не менее 10—15 % от транзитного расхода Q_1.

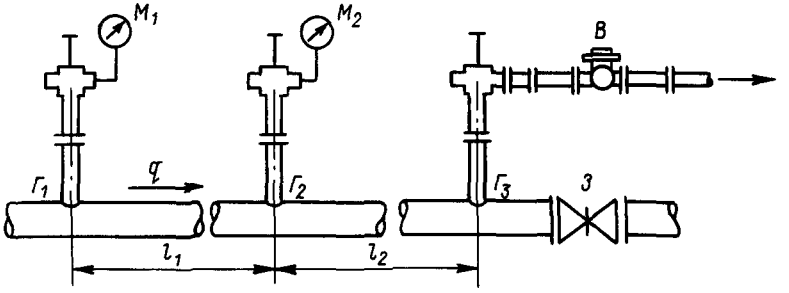


Рис. 3.5. Схема измерения гидравлических сопротивлений труб диаметром до 300 мм

M_1, M_2 — манометры; В — водомер; $Г_1$, $Г_2$, $Г_3$ — пожарные гидранты; З — задвижка

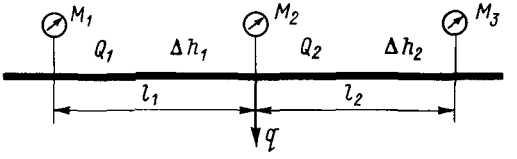


Рис. 3.6. Схема измерения гидравлических сопротивлений труб методом трех манометров

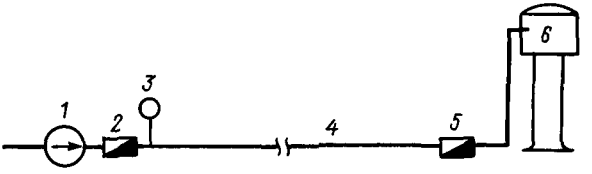


Рис. 3.7. Схема определения утечки воды водомерами

1 — насос; *2*, *5* — водомеры; *3* — манометр; *4* — трубопровод; *6* — водонапорная башня

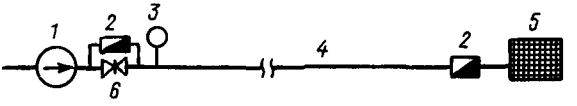


Рис. 3.8. Схема определения утечек воды водомером, поставленным на обводной линии

1 — насос; *2* — водомер; *3* — манометр; *4* — трубопровод; *5* — водонапорный резервуар; *6* — задвижка

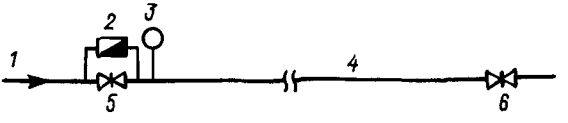


Рис. 3.9. Схема определения утечки воды манометром

1 — насос; *2* — водомер; *3* — манометр; *4* — трубопровод; *5*, *6* — задвижки

Контрольные испытания на утечку могут быть проведены одним из следующих способов:

с помощью водомеров;

по падению уровня воды в баке водонапорного сооружения или в стояке;

с помощью манометров;

с помощью контактных индикаторов давления, действующих постоянно во время эксплуатации сетей;

аналитически.

Возможно несколько вариантов контрольных испытаний с помощью водомеров:

для определения утечек воды устанавливаются два водомера (рис. 3.7): водомер *2* — на насосной станции непосредственно после насоса, водомер *5* — в конце испытываемого участка; разность их показаний дает величину утечки; перед испытанием водомеры должны быть протарированы;

если нет возможности или трудно смонтировать водомер на проверяемой линии, то его устанавливают на отводной линии (рис. 3.8) сразу же после насоса или передвижной насосной установки; задвижка *6* закрывается; количество воды, поступающей в резервуар *5*, замеряется; разность между показаниями водомера и количеством воды, замеренным в резервуаре, дает величину утечки; во время испытаний вода из резервуара не должна расходоваться;

задвижка *5* на начальном и задвижка *6* на конечном участках перекрываются (рис. 3.9); величина утечки определяется по водомеру; по манометру следят за рабочим давлением.

Определение утечек вторым способом показано на рис. 3.10. Перед испытанием задвижка *7* закрывается и бак водонапорной башни наполняется водой. После этого закрывают задвижку *2* у насоса и наблюдают за уровнем воды в баке при открытой задвижке *6* или показаниями манометра *3* в течение определенного времени. Величина утечки определяется по падению уровня воды в баке башни за время наблюдения (точка *A*).

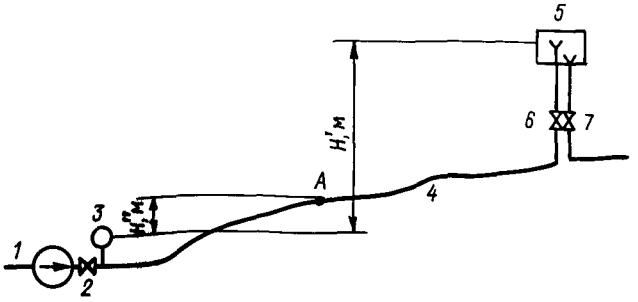


Рис. 3.10. Схема определения утечки воды манометром, установленным на насосной станции

1 — насос; *2, 6, 7* — задвижки; *3* — манометр; *4* — трубопровод; *5* — водонапорная башня

Третьим способом величина утечки определяется по падению стрелки манометра. Зная, что 0,1 МПа соответствует 10, 33 м вод. ст. (при барометрическом давлении воздуха 760 мм рт. ст.), можно по падению показаний манометра и по чертежу продольного профиля напорной линии определить, на какой длине труба освободилась от воды. Величина утечки определится по формуле $У = (\pi d^2/4)\, l$, где d — внутренний диаметр трубопровода; l — длина участка трубы, которая освободилась от воды.

Замеры утечки воды этим способом можно производить тогда, когда конечные точки трубопровода расположены выше, чем место установки водомера, относительно которого рассчитываются падение давления или свободные напоры.

Свободные напоры измеряются в заранее установленных (контрольных) точках на водопроводной сети, обычно в характерных точках и в узлах магистралей, разводящих кольцевые и тупиковые сети. В качестве контрольных точек могут быть использованы пожарные гидранты на сети или специально оборудованные стационарные манометрические посты.

Контрольные испытания можно осуществлять непрерывно путем автоматического контроля за определенными параметрами и подачи сигналов в соответствующий командный (или диспечерский) пункт.

Наиболее простым способом контроля (четвертый способ) является применение контактных индикаторов давления, дистанционных расходомеров с трубами Вентури или индукционных расходомеров (ИР-1). Связь датчиков с исполнительными механизмами осуществляется с помощью кабеля. Расстояние действия системы определяется сечением жил: при сечении 1,5 мм^2 максимальная длина составляет 700, при сечении 2,5 мм^2 — 1300, при сечении 4 мм^2 — 2600 м.

Недостатком системы с трубами Вентури является неизбежность дополнительных потерь за счет местных сопротивлений, создаваемых вставками Вентури.

Аналитическим (расчетным) способом с достаточной точностью может быть определено место утечки У, если оно является сосредоточенным (пятый способ). Сущность этого способа видна из схемы, приведенной на рис. 3.11, и расчетных формул. Ордината точки A может быть выражена уравнениями:

$$У_A = Н_в - i_{в_1} l_1; \tag{3.23}$$

$$У_A = Н_г + i_{в_2} l_2. \tag{3.24}$$

Так как $l_2 = L - l_1$, то второе уравнение примет вид:

$$У_A = Н_г + i_{в_2} L - i_{в_2} l_1. \tag{3.25}$$

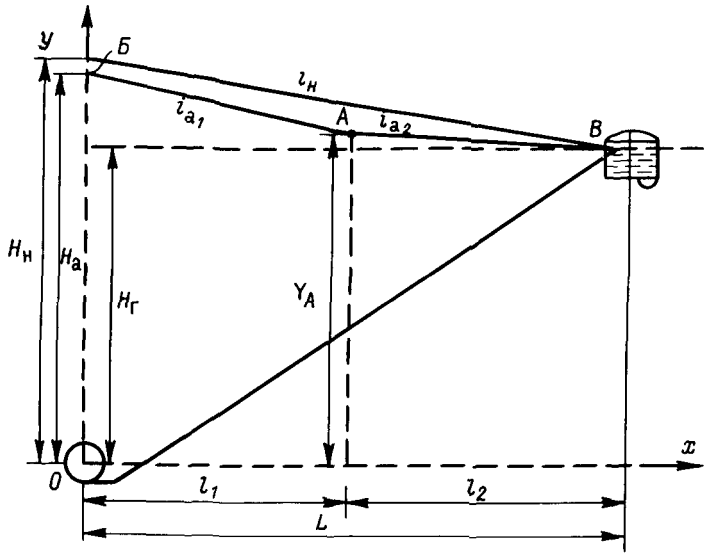


Рис. 3.11. Схема к определению точки разрыва водовода (места утечки У)

Приравнивая уравнения (3.23) и (3.25) и решая их относительно l_1, получим

$$l_1 = \frac{H_a - (H_г + i_{a_2} L)}{i_{a_1} - i_{a_2}}. \qquad (3.26)$$

В уравнениях (3.23)—(3.26) и на рис. 3.11 принято: $H_г$ — геометрическая высота подачи воды (отметка уровня воды в резервуаре); $H_н$ — напор насоса при нормальной работе насоса; H_a — напор насоса при наличии аварии на водоводе; $i_н$ — потери напора при нормальной работе насоса; i_{a_1} — потери напора при аварии на участке от насоса до точки утечки; i_{a_2} — потери напора при аварии на участке от насоса до точки излива воды (до резервуара).

Значение i_{a_1} определяется по расходу, который будет показывать водомер на станции, а i_{a_2} — по расходу воды, поступающей в резервуар.

Места утечек в трубопроводах, уложенных в землю, можно определить акустическими или звуковыми способами. В качестве приборов, улавливающих шум, создаваемый водой при вытекании ее из поврежденных трубопроводов, используются аквафоны, геофоны, микрофоны, стетоскопы, а также обычные металлические стержни. При определении места утечки коробки аквафонов, микрофонов или геофонов размещаются на трассе водопровода по его оси на расстоянии 2—5 м друг от друга и в процессе обследования передвигаются вдоль него. При отсутствии указанных приборов места утечек в трубопроводах можно определить с по-

мощью заостренных металлических стержней диаметром 20—25 мм, погружая их в грунт по направлению водопроводной линии. Прослушивание производится непосредственно на слух или с помощью усиливающей мембранной трубки.

Для усиления шума, создаваемого вытекающей из трубопровода водой, в трубопровод вводят сжатый воздух, который создает резкий, хорошо воспринимаемый микрофонами шум.

Эффект применения звуковых (слуховых) приборов зависит от местных условий, технических данных аппаратуры и опыта оператора.

Затухание звуковой волны в грунте имеет квадратичную зависимость от расстояния, причем увеличение глубины прокладки трубопроводов повышает требования к чувствительности и избирательности аппаратуры. При залегании трубопроводов более чем на 4 м этот метод не применим, за исключением наличия повреждений, имеющих большие уровни шумов.

На работу этих приборов оказывают влияние шумы города и источники электромагнитных излучений. В некоторых случаях эти шумы превышают шумы аварий и поэтому работы по определению мест течи приходится производить в ночное время. В качестве таких приборов — искателей повреждений можно назвать следующие: «Гидролюкс ХП-66», «Гидролюкс ХП-2000», «Аквадрон» фирмы «Северин» и «Себа-Динатроник» (ФРГ), прибор фирмы «Фишер» (США), «Гидродефект» (ВНР), ЛСИ-101 завода РФТ (ГДР) и ПТ-2 и ТЭА (СССР).

В настоящее время для определения утечек на вооружение эксплуатационных служб поступают установки с корреляторами шума: ДФ-02 и ДФ-3000 фирмы «Метравиб» (Франция); КС-1000 фирмы «Фудзи Тэком» (Япония); МК-2 фирмы «Пальмес» (Англия). Названные установки могут применяться для обнаружения утечек на водопроводных трубопроводах любых видов (стальных, чугунных, асбестоцементных, свинцовых, пластмассовых), на напорных трубопроводах канализации и водостоков, на газопроводах низкого, среднего и высокого давления и других промышленных трубопроводах.

Корреляционный метод обеспечивает высокую точность и надежность обнаружения мест утечек по сравнению с ранее применяемыми методами, основанными на улавливании шумов, образующихся в местах утечек из трубопроводов.

Принцип действия корреляторов основан не на определении звука, а на сравнении и нахождении по длине трубопровода звуковых сигналов. Прибор определяет разницу во времени прихода двух подобных звуковых сигналов, которые фиксируются первичными преобразователями, установленными на противоположных концах испытываемого участка трубопровода (рис. 3.12). В коррелятор вводятся табличные данные скорости звука для данного трубопровода и расстояние между первичными преобразователями, после чего он автоматически производит вычисление расстояния

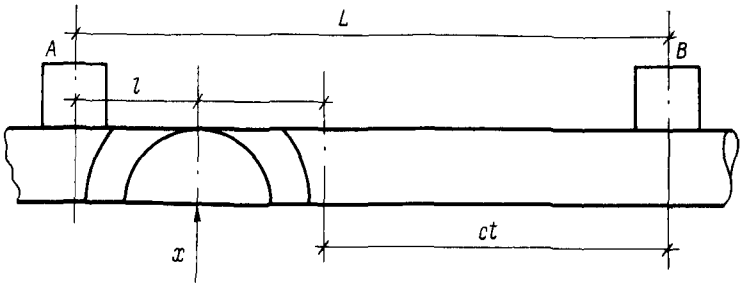


Рис. 3.12. Определение течи на трубопроводах корреляционным методом
A и *B* — первичные преобразователи; *L* — расстояние между местом течи и первичным преобразователем; *c* — скорость звука в трубопроводе; *t* — разница времени прохождения звуковыми сигналами расстояния между местом утечки и первичными преобразователями; *x* — место течи; *l* — расстояние между местом течи и первичным преобразователем

от местонахождения утечки до одного из преобразователей по формуле

$$l = (L - ct)/2, \qquad (3.27)$$

где l — расстояние между местом течи и первичным преобразователем; L — расстояние между двумя первичными преобразователями; c — скорость звука в трубопроводе; t — разница во времени прохождения звуковых сигналов между местом утечки и первичными преобразователями.

Коррелятор одновременно может сопоставлять множество сдвинутых во времени точек и постоянно выдает на дисплей результаты вычислений параметров корреляции. С помощью метки на экране дисплея отмечается максимум корреляции, после чего на цифровом индикаторе мгновенно выдается расстояние до утечки.

Выбор предварительного рабочего расстояния может колебаться от 100 до 800 м, требуемое напряжение электрического тока 12 В, сила тока 6,2—6,8 А.

§ 3.10. Особые случаи эксплуатации водоводов и сетей

Гидравлические удары. Если движущийся в трубопроводе поток жидкости мгновенно остановить (например, перекрыть краном, задвижкой или остановить насос), то в трубопроводе произойдет гидравлический удар. Задача о гидравлическом ударе впервые была решена русским ученым Н. Е. Жуковским.

Масса жидкости, движущаяся по трубопроводу, при резком перекрытии его продолжает движение по инерции. Вначале остановится та часть, которая придет в непосредственное соприкосновение с препятствием, затем начнут останавливаться последующие слои жидкости, уплотняя слои, остановившиеся впереди. В результате этого уплотнения давление в остановившейся массе жидкости будет возрастать. Когда энергия движения жидкости будет полностью использована в направлении ее движения, сжатая

масса жидкости станет расширяться и возникнет обратная, отраженная, волна движения массы жидкости.

Зоны остановившейся жидкости и области повышенного давления распространяются по трубопроводу навстречу движущемуся потоку со скоростью распространения звука в воде.

Для расчета ударного повышения давления может быть применена формула Жуковского

$$\Delta P = \omega c\rho = \omega c\gamma/g, \qquad (3.28)$$

где ΔP — ударное повышение давления, МПа; ω — скорость движения жидкости в трубопроводе, м/с; c — скорость звука в трубопроводе, т. е. скорость, с которой распространяется в трубопроводе зона уплотнения жидкости, м/с; ρ — плотность жидкости кг/м^3; γ — объемная масса жидкости, кг/(м$^2\cdot$с^2); g — ускорение свободного падения, м/с^2.

Скорость звука в трубопроводе определяется по выражению

$$c = 1/\sqrt{2r_0\rho_0/(\delta E) + \rho_0/\kappa_0} \qquad (3.29)$$

где r_0 — радиус трубы, м; κ_0 — модуль упругости (сжатия) жидкости, МПа; δ — толщина стенок трубы, м; E — модуль упругости для материала стенок трубы, МПа.

Значение модуля упругости жидкости κ_0 для воды при изменении давления от 0,1 до 50 МПа и при обычной температуре можно приблизительно считать равным 2000 МПа, а для нефтепродуктов — 1350 МПа. Значение E для стали принимается равным 210 000 МПа, для чугуна — 100 000 МПа.

Скорость распространения звука (ударная волна) в чугунных трубах в зависимости от их диаметра и толщины стенок принимают следующей:

диаметр трубы, мм	50	100	200	300	600
толщина стенок, мм	7,0	8,5	10,5	12,5	18,0
скорость распространения ударной волны, м/с	1348	1289	1209	1167	913

Интересно отметить, что скорость распространения ударной волны в резиновых трубках составляет всего 30 м/с.

Проведенные за последние годы исследования показывают, что величина ударного давления зависит не только от скорости воды в трубопроводе, но и от величины статического давления в первоначальный момент и потерь напора на трение и местные сопротивления.

Опытами установлено, что быстрое закрытие крана или задвижки почти всегда приводит к разрыву сплошности потока воды или отрыву его от затвора с образованием пустот, заполненных паром. Последующее поступление воды в разреженное пространство приводит к ударному повышению давления, и если потери напора невелики, то величина действительного ударного давления $\Delta P_д$ близка к величине ΔP, определяемой по формуле Жуковского. При значительных потерях напора на трение $\Delta P_д$

будет несколько ниже теоретического, полученного по формуле Жуковского:

$$\Delta P_д < \Delta P.$$

При подаче воды в резервуары, расположенные на более высоких отметках, чем насосная станция, явление гидравлического удара возможно в момент внезапной остановки насоса. При остановке насоса жидкость сначала двигается в прежнем направлении и у насоса создается пониженное давление. Дойдя до резервуара, волна поворачивает обратно и к насосу подходит уже с повышенным давлением. Если обратный клапан отсутствует, то вода проходит через насос и начинает вращать его в обратную сторону *. Кроме того, при обратном движении воды вымываются случайно попавшие в водовод предметы, которые могут повредить насос. Чтобы не допустить этого явления, после насоса, как правило, ставят обратный клапан, однако обратный клапан закрывается очень быстро, что приводит к созданию повышенных давлений (гидравлического удара). Для предотвращения этого закрывание клапана следует производить медленно, и полное закрывание должно прозойти только после возвращения обратной волны.

При длине трубопровода L время на проход волны туда и обратно равно $2L/c$ и, следовательно, время закрывания клапана должно быть несколько больше $2L/c$, чтобы свести удар к минимуму.

Время закрывания обратного клапана можно отрегулировать с помощью клапана — гасителя гидравлических ударов. Роль гасителей удара могут выполнять также гидравлические или электрические задвижки с отрегулированным временем их закрытия, а также пружинные и рычажно-грузовые предохранительные клапаны. Самым простым устройством для предотвращения гидравлических ударов могут служить водяные колонны, но они удобны только при небольших напорах.

Для ослабления гидравлических ударов применяются воздушные котлы, которые могут устанавливаться как у насосов, так и на напорных участках водоводов и сетей, а также вставки из труб, скорость распространения ударной волны в которых значительно ниже, чем в стальных и чугунных трубах.

Электрохимическая коррозия металлических трубопроводов. Согласно электрохимической теории коррозии между отдельными частями поверхности металлов (в данном случае поверхности труб, уложенных в грунт) и электролитом (грунт, грунтовые воды) вследствие неодинакового состояния поверхности металла, различия концентрации газов, особенно кислорода, у поверхности металла возникает термопара, т. е. местный элемент. Участок с меньшим потенциалом будет анодом, с большим — катодом.

* Опыты ВНИИ ВОДГЕО показали, что обратное вращение колеса насоса не создает опасных явлений.

На анодных участках положительно заряженные ионы металла переходят в электролит (грунтовые воды, грунт), вызывая разрушение металла.

Для предохранения металла труб от разрушения применяют катодную или анодную защиту, устраивают металлические и химические покрытия, окрашивают трубы, используют также и комбинированные методы, например битумное покрытие и катодную защиту, которые в настоящее время получили наиболее широкое распространение. При катодной защите (рис. 3.13) вся поверхность трубопровода делается катодом, а анодом служат зарытые вблизи трубопровода стальные предметы (куски рельсов, старых труб и др.). Трубопровод подсоединяется к отрицательному полюсу источника тока, а кусок металла — к положительному (активная защита). Разрушаться будет анод (заземление). Расход энергии составляет около 2 кВт·ч в сутки на 100 м^2 поверхности трубопровода.

Катодную защиту применяют как дополнение к битумной, так как при непокрытом битумом трубопроводе расход электроэнергии настолько велик, что катодная защита становится экономически невыгодной. В качестве источников электроэнергии могут использоваться генераторы постоянного тока, приводимые в движение двигателями внутреннего сгорания, располагаемыми в отдельных пунктах трассы. В качестве источников тока можно применить ветросиловые установки с автоматическим включением аккумуляторов при безветрии.

Катодная защита возможна и без применения постороннего источника электроэнергии — так называемая катодная защита автономными анодами (пассивная защита). В этом случае для защиты трубопроводов вблизи них зарывают металл, имеющий более отрицательный электрохимический потенциал, чем потенциал стали. Трубу соединяют с этим металлом (анодом) проводом. В качестве анодов применяют круглые стержни из магния, цинка и их сплавов длиной 50—120 см, устанавливаемые вертикально.

Потенциал защищаемого металла при катодной поляризации будет сдвигаться в отрицательную сторону относительно окружающего электролита. Защитный потенциал стали, при котором коррозия отсутствует, равен 484—584 мВ (относительно нормального водородного электрода).

Результатом токообразующей реакции является растворение анодного металла с образованием положительно заряженных ионов. Процесс идет по двум реакциям, на каждую из которых приходится 50 % общего расхода анодного металла:

$$\text{Me (анод)} \rightarrow \text{Me}^{2+}\text{ (электролит)} + 2\bar{e}\text{ (электрон)}; \qquad (3.30)$$

$$\text{Me (анод)} + 2H_2O \rightarrow H_2\uparrow + \text{Me}^{2+} + 2OH^-. \qquad (3.31)$$

Далее идет реакция, протекающая вблизи стенок трубопровода:

$$2H^+ + 2OH^- + 2\bar{e} \rightarrow H_2\uparrow + 2OH^-. \qquad (3.32)$$

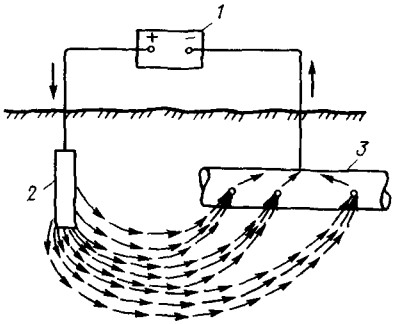


Рис. 3.13. Принцип действия катодной защиты

1 — источник тока; *2* — анод (старые трубы или рельсы); *3* — защищаемый трубопровод

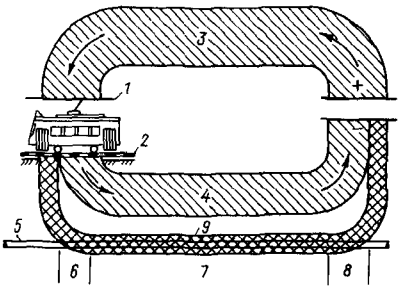


Рис. 3.14. Схема действия блуждающих токов

1 — троллейный провод; *2* — рельсы трамвая; *3* — тяговый ток $I_т$; *4* — ток отсасывающей сети $I_о$; *5* — трубопровод; *6* — катодная зона; *7* — нейтральная зона; *8* — анодная зона; *9* — блуждающие токи $I_б = I_т - I_о$

Из уравнений (3.30)—(3.32) следует, что прикатодный слой воды около стенок трубопровода защелачивается. Если в соседних слоях грунтовой воды содержатся сульфаты или бикарбонаты SO_4^{2-} и HCO_3^-, то при определенной степени защелачивания происходит образование защитного слоя по реакциям:

$$Ca^{2+} + 2HCO_3^- + 2OH^- \rightarrow \downarrow CaCO_3 + CO_3^{2-} + H_2O; \qquad (3.33)$$

$$Mg^{2+} + 2HCO_3^- + 2OH^- \rightarrow \downarrow MgCO_3 + CO_3^{2-} + H_2O; \qquad (3.34)$$

$$Mg^{2+} + SO_4^{2-} + 2OH^- \rightarrow \downarrow Mg(OH)_2 + SO_4^{2-}. \qquad (3.35)$$

Образующийся защитный слой [$CaCO_3$ и $Mg(OH)_2$] уменьшает обнаженную поверхность, которую надо защитить, и свободную диффузию кислорода к поверхности защищаемого металла.

Защита (катодная, анодная) должна осуществляться комплексно для всех металлических трубопроводов (водопровод, газопровод, теплопровод), уложенных в грунтах и находящихся в непосредственной близости друг от друга. Защита одного из них может привести к усиленной коррозии других трубопроводов.

Блуждающие токи. Если металлический трубопровод уложен вблизи трамвайных путей, электрических железных дорог, метрополитена, силовых установок, кабелей постоянного тока и т. д. то он подвергается разрушению вследствие действия блуждающих токов. В тех местах, где ток входит в трубопровод, он не разрушает его, так как эти места являются катодными. Там же, где ток выходит из трубопровода, поверхность последнего разрушается. В этом случае, как и при почвенной коррозии, ток уносит в почву положительно заряженные ионы металла (рис. 3.14).

Основной мерой по предотвращению разрушения труб от действия блуждающих токов является устранение самих блужда-

ющих токов. Для этой цели обеспечивают непрерывность рельсовых путей, устраивают отсасывающие фидера от рельсов, увеличивают сопротивление в местах перехода тока от рельсов в почву и т. п. Из мер, принимаемых непосредственно для защиты трубопровода, можно указать на устройство усиленной изоляции, засыпку трубопроводов со всех сторон песком и изолирование стыков с резиновыми прокладками с целью разрыва электрической непрерывности трубопровода.

Блуждающие токи могут оказывать воздействие на трубопроводы, расположенные на расстоянии до 500 м от источника блуждающих токов. Защита трубопроводов от блуждающих токов, как и при электрохимической коррозии, также должна производиться комплексно для всех трубопроводов, расположенных в непосредственной близости друг от друга.

Глава III. НАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

§ 3.11. Приемка напорно-регулирующих устройств в эксплуатацию

Гидравлическое испытание напорных и ненапорных резервуаров и емкостей на прочность и плотность производится согласно требованиям, изложенным в СНиП III-30—74. Пуск в эксплуатацию напорно-регулирующих устройств осуществляется технической рабочей комиссией, которая после ознакомления с проектно-технической документацией и актами на скрытые работы проверяет на месте: правильность посадки сооружений на местности; внутренние размеры резервуаров чистой воды и баков башен; правильность монтажа трубопроводов в сооружениях, задвижек в камерах переключения, вентиляционного оборудования; действие устройств сигнализации, показывающей нижний и верхний уровни воды в резервуарах; действие устройств для запирания входов и лазов в подземные резервуары и водонапорные башни; наличие гидравлических затворов на переливных трубопроводах; степень утечки воды из резервуаров (проверяется в течение 3—4 дней с момента заполнения резервуара водой); правильность отбора проб воды из резервуаров и баков башен после их наполнения водой. Производится проверка наличия узла забора воды из резервуара чистой воды для перекачки ее в носимую или возимую тару и установки на дыхательных трубах фильтров-поглотителей. Результаты проверки и анализа воды комиссия оформляет актом, в котором дает заключение о готовности резервуаров и водонапорных башен к вводу в эксплуатацию.

§ 3.12. Подземные резервуары и водонапорные башни

При эксплуатации подземных резервуаров для хранения хозяйственно-питьевой и технической воды производят: систематический контроль за качеством воды (ежедневно в резервуаре

хозяйственно-питьевой воды); ежедневное наблюдение за уровнем воды в резервуарах, не реже одного раза в три месяца осмотр санитарного состояния лазов в резервуар, вентиляционных труб сливных и переливных устройств, люков и задвижек и т. д.

Место расположения резервуаров питьевой воды должно входить в зону строгого режима. Допуск к резервуарам посторонних лиц категорически запрещается. Все лазы и люки камер переключения задвижками должны быть закрыты и запломбированы. Допуск и порядок входа в резервуар устанавливается местной инструкцией, согласованной с органами госсаннадзора; территория, где располагаются резервуары чистой воды, должна быть хорошо освещена в ночное время.

Резервуары следует очищать от осадков (песка, ила) один раз в 1—3 года. При ухудшении физико-химических и бактериологических показателей качества воды очистку и промывку производят чаще.

Проход в резервуар людей разрешается только с соблюдением особых санитарных мер и только с разрешения начальника станции и представителя санитарно-эпидемиологической службы. Перед началом очистки или ремоита вода из резервуаров сливается, задвижки на трубопроводах закрываются и опломбировываются.

Очистку резервуара хозяйственно-питьевой воды производят в следующей последовательности: удаляют осадок со дна, чистят поверхности стен и колонн металлическими щетками до полного удаления слизи и тщательно обмывают их водой из брандспойта, затем обмывают днище резервуара. После этого вторично промывают всю поверхность из брандспойта. Световые люки во время работы находятся в закрытом состоянии, и работа производится при искусственном освещении. После очистки или ремонта резервуара его хлорируют (дозами хлора не менее 25 мг/л) при суточном контакте хлорной воды с поверхностями резервуара.

Рабочие, производящие работу по очистке или ремонту резервуара, должны быть одеты в специальную одежду (резиновые сапоги, чистую спецодежду). При выходе из резервуара спецодежда должна быть обязательно снята. На время работ в резервуаре перед входом в него устанавливается бачок с раствором хлорной воды для обмывания резиновых сапог. Вносимый в резервуар инструмент, метлы, щетки и другой инвентарь должны хлорироваться 1 %-ным раствором хлорной извести. Выполненные работы по очистке и ремонту резервуара оформляются актом, в котором указываются время снятия пломбы с затворов резервуара, время начала и окончания работ по обеззараживанию резервуара, перечисляются лица, ответственные за выполнение работ, и исполнители.

Периодичность работ по капитальному ремонту напорно-регулирующих устройств приведена в табл. 3.17.

При эксплуатации водонапорных башен необходимо соблюдать следующие правила: территорию вблизи башни в радиусе

Таблица 3.17. Периодичность работ по капитальному ремонту напорно-регулировочных устройств

Наименование работ	Характер ремонта	Периодичность, годы
Резервуары чистой воды:		
железобетонные заземленные	Ремонт конструкций	8
кирпичные с железобетонным перекрытием	То же	5
металлические	»	3
Водонапорные башни:		
кирпичные и железобетонные	Ремонт здания башни	8
	Ремонт бака	3
	Ремонт внутренних трубопроводов и арматуры	5
		5
металлические	Ремонт бака	3
	Ремонт внутренних трубопроводов и арматуры	5
деревянные	Ремонт здания башни	5
	Ремонт бака	3
	Ремонт внутренних трубопроводов и арматуры	5

не менее 50 м содержать в чистоте; эта территория должна быть ограждена и благоустроена; все выходы и лазы в водонапорную башню должны находиться в закрытом и запломбированном состоянии; ежегодно перед наступлением зимнего периода следует проверять теплоизоляцию трубопровода в башне; металлические баки необходимо окрашивать не реже одного раза в 3 года, окраску производить в два приема железным суриком на олифе; при постоянной эксплуатации необходимо очищать резервуары не реже одного раза в год.

Очищенные, отремонтированные или вновь окрашенные резервуары вводятся в эксплуатацию только после их обеззараживания, которое производится раствором хлорной извести или жидким хлором: для резервуаров большой вместимости — методом орошения с концентрацией активного хлора 200—250 мг/л (из расчета 0,3—0,5 л на 1 м^2 внутренней поверхности резервуаров); для резервуаров малой емкости — объемным способом с концентрацией активного хлора 75—100 мг/л при контакте 5—6 ч и дозами не менее 25—50 мг/л при суточном контакте хлорной воды с поверхностями резервуара.

Через 1—2 ч после дизенфекции резервуар промывают фильтрованной водой. В работу он может быть пущен после не менее чем двух удовлетворительных бактериологических анализов, производимых с интервалом времени полного обмена воды между взятием проб.

Резервуары чистой воды и баки водонапорных башен должны быть оснащены указателями уровней воды. Показания приборов выводятся в МДП систем водоснабжения.

Раздел четвертый

ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ВОДОПРОВОДА

Глава 1. СООРУЖЕНИЯ ПО ОСВЕТЛЕНИЮ И ОБЕСЦВЕЧИВАНИЮ ВОДЫ

§ 4.1. Испытание и приемка в эксплуатацию сооружений

Водопроводные сооружения могут быть предъявлены Государственной приемочной комиссии при наличии проектно-сметной документации, исполнительных чертежей, актов на скрытые работы и разрешения на специальное водопользование. До этого приказом руководителя предприятия или организации заказчика создается рабочая комиссия, которая проводит гидравлические и технологические испытания (СНиП III-3—81).

Гидравлические испытания осуществляются с целью установления водонепроницаемости железобетонных емкостей (резервуаров, баков, каналов и других сооружений). При этом испытываемая емкость заполняется водой до наивысшего проектного уровня: все задвижки и шибера закрываются и запломбировываются. По истечении определенного срока (не менее 3 суток) фиксируют величину суточного понижения уровня воды в емкости; убыль воды за сутки не должна превышать 3 л на 1 м^2 смоченной поверхности стен и днища. При гидравлическом испытании соблюдается очередность в проведении работ.

Выявленные в ходе осмотра и испытаний строительно-монтажные и проектные дефекты и недоделки отмечаются в акте с указанием срока их ликвидации. После исправления недочетов, отмеченных в акте, все сооружения и трубопроводы станции дезинфицируются раствором с концентрацией активного хлора 75—100 мг/л в течение 5—6 ч или концентрацией 40—50 мг/л в течение не менее 24 ч контакта.

Хлорная вода после ее дехлорирования выбрасывается на прилегающие к сооружениям территории или в водоемы.

Пусконаладочные работы (технологические испытания) могут осуществляться как эксплуатационным персоналом станции, так и специализированными пусконаладочными организациями; в том и другом случаях обязательно присутствие представителей проектной организации.

В период пусконаладочных работ необходимо установить и сравнить с проектными: технологические параметры работы очист-

ных сооружений; режимы работы регулирующей и контрольно-измерительной аппаратуры, дозаторов, расходомеров, уровнемеров, регуляторов расхода и скорости и т. п.; дозы реагентов, последовательность их ввода и т. д. По окончании пусконаладочных работ и пробного пуска станции, который должен продолжаться не менее 2—4 суток, при получении воды надлежащего качества по согласованию с СЭС станция сдается Государственной приемочной комиссии.

В подготовительный период, а также в период пусконаладочных работ и пробного пуска инженерно-технический персонал станции совместно с представителями пусконаладочной организации составляют инструкции по технической эксплуатации сооружений и должностные инструкции по каждому рабочему месту, устанавливают режимы работы очистной станции, проверяют работу станции по расчетным и аварийным режимам, условиям сброса и обработки продувочных и промывных вод, а также производственных сточных вод. Все материалы, характеризующие количество, состав и режимы сброса производственных сточных вод в водоемы, а также расчетные данные, предусматривающие необходимую степень обработки этих вод, согласование с соответствующими организациями, представляются проектными организациями.

Ниже приводятся нормативные сроки * продолжительности технологической наладки водопроводных сооружений:

производительность комплекса сооружений, тыс. м³/сут	до 0,8	12,5	40	80	125	160	200	250	320
продолжительность технологической наладки, мес	2	4	5	6	7	8	9	10	11

§ 4.2. Организация эксплуатации очистных станций

Количество эксплуатационного персонала для обслуживания очистных сооружений принимается по данным табл. 4.1, в которой учтены трудовые затраты на работы по текущему ремонту, выполняемые слесарем-ремонтником, электромонтером-ремонтником, слесарями по ремонту КИПиА и аварийно-восстановительных работ.

Состав работ по эксплуатации очистных сооружений включает: обслуживание смесителей, камер реакции, отстойников, осветлителей со взвешенным слоем, фильтров, насосов для наполнения промывных баков водой, резервуаров чистой воды, хлораммиачных установок, коагуляционных установок (включая обслуживание установок извести, активированного угля, ПАА и АКК), отбор проб воды и реагентов и производство анализов очищаемой воды по установленным видам.

Общая численность обслуживающего персонала, в том числе и инженерно-технических работников, устанавливается Управ-

* Приказ МЖКХ РСФСР № 611 от 01.12.80.

Таблица 4.1. Нормативы численности, чел.-смен/сут, рабочих, занятых на эксплуатации очистных сооружений водопровода, по элементам сооружений

Наименование элементов сооружений	Наименование профессий рабочих	Производительность, тыс. м³/сут						
		до 2	от 2 до 15	от 15 до 30	от 30 до 60	от 60 до 100	от 100 до 200	свыше 200
1. Смеситель	Оператор очистных сооружений	0,25	0,25	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75
2. Камера реакции	То же	—	—	1,0	1,0	1,25	1,25	2,0
3. Отстойники	»	0,25	—	1,0	1,0	1,25	1,25	2,0
4. Осветлители со взвешенным осадком	»	—	0,1	—	—	—	—	—
5. Скорые фильтры	»	2,0	33,5	5,5	6,0	6,0	7,0	7,0
6. Насосы для наполнения промывных баков водой	»	0,25	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
7. Промывные баки	»	—	—	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
8. Резервуар чистой воды	»	0,25	0,50	0,50	0,50	0,75	0,75	1,25
9. Хлораммначная установка	Оператор хлораторной установки	3,0	3,5	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0
10. Коагуляционная установка	Коагулянтщик очистных сооружений	3,0	5,0	6,0	6,5	6,5	8,0	9,0
Итого		9	14	19,5	21,25	22	25	28

Примечания: 1. При наличии отстойников производительностью от 2 до 15 тыс. м³/сут устанавливается норматив 0,5 чел.-смен. 2. При наличии осветлителей со взвешенным осадком производительностью более 15 тыс. м³/сут устанавливается норматив, предусмотренный для обслуживания камер реакции и отстойников суммарно в соответствии с производительностью осветлителей. 3. При наличии фильтров АКХ или контактных осветлителей устанавливаются нормативы, предусмотренные п. 5, с коэффициентом 1,3. 4. При промывке фильтров одновременно от промывных баков и промывных насосов, служащих также для подкачки воды в промывные баки, нормативы устанавливаются по пп. 6 и 7 в соответствии с производительностью очистных сооружений. 5. При наличии промывных баков производительностью менее 15 тыс. м³/сут устанавливается норматив 0,5 чел.-смен; при промывке фильтров промывными насосами норматив на обслуживание насосов устанавливается по п. 6.

лением водопроводно-канализационного хозяйства по согласованию с руководящими органами для каждого отдельного случая в зависимости от местных условий, производительности станции, ее состава, степени сложности устройств и сооружений и т. п.

§ 4.3. Общие положения по обслуживанию очистных станций

Работы по ППО и ППР сооружений, устройств и оборудования станций водоочистки ориентировочно проводятся в сроки, указанные в табл. 4.2 и 4.3, более точные сроки назначаются в зависимости от местных условий. Перечень основных видов работ по текущему и капитальному ремонтам водопроводных очистных сооружений приведен в табл. 4.4, а периодичность работ — в табл. 4.5.

Таблица 4.2. Работа по ППО станции водоочистки

Наименование устройств и сооружений	Состав работ	Кем проводится	Периодичность выполнения
Смесители	Внутренний осмотр стен и перегородок; осмотр задвижек на подводящей стороне и для спуска в водосток	Главный инженер или технолог	По мере надобности, но не реже 1 раза в год
Камеры хлопьеобразования	Внутренний осмотр перегородок и стен; осмотр задвижек на подводящих и спускных трубопроводах	То же	То же
Отстойники	Внутренний осмотр стен, перегородок, каналов; осмотр задвижек	»	»
Фильтры	Замер высоты слоя песка	»	1 раз в квартал
	Осмотр поверхности загрузки фильтра:		
	перед промывкой обращается внимание на общий вид загрязненного песка, толщину пленки, равномерность распределения загрязнений на поверхности фильтра, наличие грязевых скоплений, ям, воронок, трещин в песке, отхода песка от стен;	»	1 раз в месяц
	после промывки обращается внимание на состояние песка, наличие недостаточно промытых мест, остаточного загрязнения, выброса гравия и т. д.; осмотр производится после спуска воды	»	То же

Продолжение табл. 4.2

Наименование устройств и сооружений	Состав работ	Кем проводится	Периодичность выполнения
Фильтры	несколько ниже поверхности песка (до обсыхания поверхности песка)		
	Проверка горизонтальности расположения поддерживающих песчаную загрузку фильтра слоев гравия и гальки; прощупывание производится щупом во время промывки	Главный инженер или технолог	1 раз в 6 месяцев
	Отбор проб песка с целью проведения анализа на его загрязненность	То же	1 раз в год
	Проверка уменьшения количества песка фильтра путем измерения расстояния от его поверхности до кромок желобов и сравнения с проектным; перед догрузкой фильтра необходимо удалить верхний загрязненный слой песка на глубину 3—5 см	»	2 раза в год
	Проверка горизонтальности промывных желобов и в случае надобности выравнивание кромки	»	1 раз в год
	Проверка продолжительности и интенсивности промывки фильтра; определяется по остаточной загрязненности в промывной воде, равномерной отмывке всей площади фильтра, равномерному поступлению воды к кромкам желоба и отсутствию выноса песка	»	1 раз в квартал
	Осмотр дренажей	»	То же
Барабанные сетки и микрофильтры	Определение интенсивности промывки сетчатых элементов	»	1 раз в месяц
	Проверка засорения промывного устройства		
	Проверка состояния сетчатых элементов	»	То же
	Определение плотности прилегания фильтровальных рамок к корпусу барабана		
	Проверка наличия шумов в работе привода и подшипников		
	Определение состояния поверхности металла барабанов (наличие антикоррозионной краски и т. п.)		
Резервуары чистой воды	Внутренний осмотр резервуара	»	1 раз в год

Продолжение табл. 4.2

Наименование устройств и сооружений	Состав работ	Кем проводится	Периодичность выполнения
	Осмотр задвижек в камерах и на трубопроводах	Главный инженер или технолог	1 раз в год
Оборудование для коагулирования	Внешний осмотр оборудования	Дежурный по станции	Ежедиевно
Оборудование для хлорирования и аммонизации	Осмотр и испытание на утечку	То же	Постоянно
Системы вентиляции *газодозаторных* помещений	Осмотр системы вентиляции	»	То же
Контрольно-измерительные приборы (расходомеры, манометры, вакуумметры, регуляторы скорости фильтрования и др.)	Осмотр и проверка работы приборов	»	»

Таблица 4.3. Работы по ППР станции водоочистки

Сооружения и оборудование	Наименование работ	Периодичность выполнения
Смеситель	Промывка от грязи стен и перегородок	По мере накопления осадка, но не реже 1 раза в год
	Проверка работы задвижек, перебивка сальников	1 раз в год
	Испытание на утечку	То же
Камера хлопьеобразования	Промывка от грязи стен и перегородок	1 раз в год (одновременно с чисткой смесителя)
	Проверка работы задвижек, перебивка сальников и другие работы	То же
Отстойники	Промывка стеи и перегородок от грязи	По мере иакопления осадка, но не реже 1 раза в год
	Проверка работы задвижек, перебивка сальников и другие работы	Одиовременно с чисткой отстойников
	Испытание на утечку	То же
Фильтры	Догрузка фильтра песком	По мере иадобности, но ие реже 1 раза в год
	Проверка работы задвижек, перебивка сальников и другие работы	То же

Сооружения и оборудование	Наименование работ	Периодичность выполнения
	Удаление песка из-под дренажа, хлорирование	По мере надобности, но не реже 1 раза в год
	Испытание на утечку	1 раз в год
Барабанные сетки и микрофильтры	Проверка повреждения сетчатых полотен	По мере надобности
	Возобновление антикоррозионной покраски	То же
	Замена сетчатых элементов и других деталей, подвергшихся коррозии	»
Оборудование для коагулирования	Чистка, покраска, текущий ремонт	По мере надобности, но не реже 1 раза в квартал
Оборудование для хлорирования и аммонизации	Чистка, покраска, текущий ремонт	То же
Система вентиляции газодозаторных помещений	Внутренний осмотр, чистка, текущий ремонт	»
Манометры, вакуумметры, расходомеры	Проверка точности показаний, ремонт, покраска	»
Регуляторы скорости	Проверка точности показаний, ремонт, покраска	То же, но не реже 2 раз в год

Таблица 4.4. Перечень видов работ по текущему и капитальному ремонтам очистных сооружений

Наименование объекта	Текущий ремонт	Капитальный ремонт
Отстойники (осветлители)	Ремонт задвижек, подтяжка креплений задвижек, щитов и клапанов	Смена задвижек, ходовых скоб, щитов
	Ремонт и покраска люков, лестниц, скоб и т. д.	Смена настила и других деревянных элементов
	Испытание на утечку	Вскрытие и ремонт дренажа вокруг отстойника
	Промывка и хлорирование после ремонта	Наладка работы по заданному режиму
	Ремонт местами штукатурки с затиркой и железнением (до 10 % общей площади оштукатуренной поверхности); разделка мелких трещин	Переоборудование отстойника в осветлитель, работающий с более высоким технологическим эффектом (без изменения основной конструкции отстойника); ремонт или замена изношенных щитовых затворов и трубопроводов

Наименование объекта	Текущий ремонт	Капитальный ремонт
Фильтры всех систем (контактные осветлители системы АКХ, скорые двухслойные, большой грязеемкостн и др.)	Предварительиая промывка загрузки Очистка и промывка внутренних поверхностей фильтра Ремонт задвижек, затворов и шиберов на месте Ремонт мешалок без демонтажа Ремонт штукатурки местами с железнением (до 10 % общей площадн); разделка мелких трещин Прочистка и промывка трубопроводов распределительной системы Ремоит воздухопроводов Проверка и подготовка иа горизонтальность переливных кромок желобов и восстановление их геометрической формы Замена отдельных элементов системы управления задвижками Окраска металлических поверхностей Испытаиие иа утечку Дезинфекция фильтров хлорированием	Полная перегрузка или догрузка песка с рассевом и промывкой Догрузка гравия Ремонт дренажа с частичной заменой, изменение конструкции дренажа Удаление песка из-под дренажа Разборка и ремонт задвижек с заменой изношенных деталей, смена задвижек и приводов задвижек Смена деревяиных элементов (решеток и др.) Смена участков трубопроводов Ремонт повреждений со вскрытием стен и дренажа Замена на фильтрах системы управления задвижками Наладка работы фильтров по заданному технологическому режиму Переоборудование фильтров в фильтры АКХ или фильтры большой грязеемкости, работающие с более высоким технологическим эффектом Частичное изменение коммуникаций трубопроводов с установкой задвижек; ремонт изоляции трубопроводов и емкостей раствора коагулянта

На станции должна вестись следующая отчетность:

общий журнал работы очистной станции с ежедневной записью: общего количества обработанной воды; воды, израсходованной на собственные нужды; количества израсходованных реагентов и их доз; сооружений и оборудования, находящихся в работе, чистке, ремонте; проведенных ППО и ППР;

журнал анализов с ежедневной записью результатов и складской журнал.

Таблица 4.5. Периодичность работ по капитальному ремонту очистных сооружений

Наименование объектов	Характер ремонта	Периодичность в годах
Основной комплекс очистных сооружений: отстойники, осветлители, фильтры всех систем, смесители и камеры реакций	Ремонт отстойников, фильтров, смесителей и камер реакции (стен, днища, перекрытия и дренажа)	1 раз в 6 лет
	Ремонт осветлителей (стен, днища, перекрытия и дренажа)	1 раз в 3 года
	Догрузка песка в фильтры и контактные осветлители	1 раз в 1—1,5 года
Прочие очистные сооружения (баки растворотстойные для коагулянта и хлорной извести)	Ремонт	1 раз в 1,5 года
Хлораторы и аммонизаторы	Ремонт и замена деталей	1 раз в 2 года

§ 4.4. Реагентное хозяйство

Реагентные цеха. В качестве основных реагентов, используемых при осветлении и обесцвечивании хозяйственно-питьевой воды, применяются: сульфат алюминия $[Al_2(SO_4)_3]$, алюминат натрия $[NaAlO_2]$, хлористый алюминий $(AlCl_3)$, оксихлорид алюминия $\{[Al_2(OH)_5Cl]6H_2O\}$, сульфит железа $(FeSO_4)$, сульфат железа $[Fe_2(SO_4)_3]$, хлорное железо $(FeCl_3)$, гашеная известь $[Ca(OH)_2]$, сода (Na_2CO_3), полиакриламид (ПАА), озон (O_3) и др.

Состав и дозы реагентов, последовательность и места их введения в обрабатываемую воду, начало и конец периода применения различных реагентов устанавливаются главным инженером или технологом станции совместно с заведующим лабораторией на основании физико-химических, санитарно-бактериологических и технологических анализов исходной воды и воды, прошедшей обработку на отдельных сооружениях, а также с учетом опыта производственной обработки ее на собственной станции или на аналогичных станциях. Принятые технологические схемы обработки воды утверждаются по представлению начальника водопроводной станции и согласуются с местными органами Государственного санитарного надзора.

Место ввода реагентов и их ориентировочные дозы, принимаемые при проектировании реагентного хозяйства, в ходе эксплуатации станций постоянно корректируются.

Твердые реагенты растворяются в растворных баках по инструкциям, составленным на основе типовых, но с учетом местных условий. Растворение реагента может осуществляться как по

массе, так и по объему. Учет расхода реагентов, подаваемых со склада, производится по сменам. Крепость раствора реагентов контролируется по его плотности или титрованием (табл. 4.6 и 4.7).

Рабочие, занятые на транспортировке реагентов (особенно извести, хлорной извести и активированного угля), должны работать в спецодежде и по окончании смены принимать душ. Взвешивание хлорной извести вручную и ее дозирование следует производить в противогазах.

Проверка дозирующих устройств производится, как правило, ежеквартально, но не реже 2 раз в год и заключается в осмотре арматуры, проверке отсутствия засорений, состояния соединений и т. п. (см. табл. 4.2 и 4.3). Основные типы дозаторов для дозирования известкового молока, газов и растворов коагулянтов приведены соответственно в табл. 4.8 и 4.9.

Для коагулянта и угольного порошка может быть применено сухое дозирование. Точность работы дозаторов (по объему или по массе) проверяется не реже 1 раза в смену.

При приготовлении известкового молока в нем содержится много нерастворимых примесей, являющихся балластом в процессах подщелачивания и стабилизации воды. Для доочистки известкового молока от нерастворимых примесей могут применяться гидроциклоны диаметрами 75, 125 и 150 мм. Перед подачей известкового молока на гидроциклон и предварительным отделением крупных частиц в отстойном баке известковое молоко рекомендуется разбавлять до рабочей концентрации 1÷2 % по CaO.

При использовании железного купороса одновременно с коагуляцией рекомендуется применять известкование воды, доводя pH до 9÷9,5. При меньших значениях pH гидролиз солей двухвалентного железа не протекает до конца, а скорость окисления ионов закисного железа в окисное кислородом, растворенным в воде, недостаточна. Для ускорения гидролиза обрабатываемую воду необходимо хлорировать перед введением закисного железа. Окисление ионов двухвалентного железа протекает по формуле:

$$2Fe^{2+} + Cl_2 \rightarrow 2Fe^{3+} + 2Cl^-. \qquad (4.1)$$

Таблица 4.6. Крепость растворов по показаниям ареометра

Характеристика раствора при $t = 12 \div 15$ °C	При концентрации растворов, %									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Крепость раствора сернокислого алюминия, %	0,9	3,5	4,8	5,4	6,1	7,6	8,6	9,7	10,7	11,7
Содержание негашеной извести в 1 л известкового молока, г	7,5	16,5	26,0	36,0	48,0	56,0	65,0	75,0	84,0	94,0

Таблица 4.7. Зависимость плотности растворов химически чистых реагентов от концентрации

Концентрация растворов, %	$Al_2(SO_4)_3$ при		$FeCl_3$ при $t = 20$ °С	$FeSO_4$ при $t = 18$ °С	Суспензия активированного угля марки ОУ-3 (сухая)
	$t = 15$ °С	$t = 19$ °С			
0,50	1,005	—	—	—	1,002
1,00	1,017	1,009	1,007	1,008	1,004
1,75	—	—	—	—	1,006
2,00	1,027	1,019	1,015	1,018	—
2,30	—	—	—	—	1,008
3,00	1,037	—	—	—	1,010
3,50	—	—	—	—	1,012
4,00	1,047	1,040	1,032	1,037	—
4,25	—	—	—	—	1,014
4,80	—	—	—	—	1,016
5,45	—	—	—	—	1,018
6,00	1,067	1,061	1,049	1,057	1,020
6,75	—	—	—	—	1,022
7,30	—	—	—	—	1,024
8,00	1,087	1,083	1,066	1,078	—
10,00	1,107	1,105	1,085	1,100	—
12,00	—	1,129	1,104	1,122	—
14,00	—	1,152	1,122	1,144	—
16,00	—	1,176	1,141	1,167	—
18,00	—	1,201	1,161	1,190	—
20,00	—	1,226	1,182	1,213	—
22,00	—	1,252	—	—	—
24,00	—	1,278	—	—	—
25,00	—	—	1,234	—	—
26,00	—	1,306	—	—	—
28,00	—	1,333	1,268	—	—
30,00	—	—	1,294	—	—

Таблица 4.8. Дозаторы для дозирования известкового молока и других суспензий

Название дозатора	ДИМБА-1 *	ДИМБА-3	ДИМБА-10	ДИМБА-20	ДИМБА-40
Верхний предел производительности, $м^3/ч$	1,0	3,0	10,0	20,0	40,0
№ типового проекта	4.901-2, вып. 1	4.901-2, вып. 2	ВС.02.31, вып. 1	ВС.02.31, вып. 2	ВС.02.31, вып. 2

* ДИМБА — дозатор известкового молока бункерный автоматический.

Таблица 4.9. Аппараты для дозирования реагентов

Тип дозатора	Название дозатора	Условия применения	Принцип действия
Безнапорный постоянной дозы	Дозировочный шаровой кран из пластмассы	Для подачи постоянно заданной дозы раствора реагента в безнапорный трубопровод	Постоянство уровня раствора в дозирующем бачке над дозировочным шаровым краном обеспечивает равномерное истечение раствора
То же	Поплавковый дозатор системы В. В. Хованского	То же, при постоянном расходе воды не более 6000—9000 м³/сут	В дозировочном бачке имеется поплавок, к которому снизу прикреплена трубка со вставкой сменной диафрагмы (соответственно расходу реагента). Другой конец трубки присоединен к выпускной трубе, по которой отдозированный раствор поступает в смеситель
Безнапорный пропорциональной дозы	Сифонный дозатор пропорциональной дозы для растворов	Для изменения дозы раствора реагента пропорционально колебаниям расхода воды, поступающей на очистку	Пропорциональность дозирования расходу воды достигается тем, что при изменении последнего изменяется положение поплавка; соответственно происходит понижение или повышение связанного с поплавком сифона и увеличение или уменьшение подачи через него раствора реагента к смесителю по трубе

Продолжение табл. 4.9

Тип дозатора	Название дозатора	Условия применения	Принцип действия
Безнапорный пропорциональной дозы	Автоматический дозатор системы В. Л. Чейшвили и И. Л. Крымского (ВНИИГС)	Для обработки больших количеств воды с невысоким солесодержанием (не более 150—250 мг/л)	Действие дозатора, имеющего датчик и электронный мост, основано на измерении разности электропроводностей некоагулированной и коагулированной воды, протекающей через измерительные электролитические ячейки. Если эта разность сопротивлений воды прохождению тока отклоняется от той, которая отвечает заданной дозе коагулянта, то включается электропривод регулятора и количество раствора реагента, подаваемого по трубе, изменяется
То же	Автоматический дозатор растворов коагулянта ИОНХ АН УССР	Для автоматического контроля и управления процессом обработки воды раствором коагулянта	Прибор автоматически (по заданной дозе) регулирует раствор коагулянта, измеряет и регистрирует расход раствора, выполняет контрольные замеры расхода раствора и сигнализирует о происшедшем отклонении от заданной дозы
Напорный пропорциональной дозы	Шайбовый напорный дозатор	Для подачи раствора в напорный трубопровод	В установке имеется два попеременно работающих дозатора с водомерными стеклами. Ввиду разности давления, создаваемой шайбой на трубе исходной воды, раствор реагента вытесняется из дозатора в трубопровод по другую сторону шайбы, где давление понижено. Количество раствора регулируется вентилем на линии исходной воды и контролируется по водомерному стеклу, а более точно — ротаметром

Таблица 4.10. Типы вакуумных хлораторов и их технические характеристики

Тип хлоратора	Производительность по хлору, кг/ч	Нормальное давление перед хлоратором, МПа	Габариты, мм				Завод-изготовитель (город)
			высота	ширина	глубина	масса, кг	
ЛОНИИ-100 с ротаметром РС-3	0,8—0,72 0,21—1,28 0,4—2,05	0,025 0,025 0,025	830	650 650 650	160 160 160	41 41 41	Завод «Светотехника» (Лихославль)
ЛОНИИ-100 с ротаметром РС-5	1,28—8,1 2,05—12,8	0,03 0,035	830	650	160	41	
ЛК-10 (малая модель)	0,04—0,8	0,025	630	230	160	12,35	Механический завод Управления водоканализации (Киев)
ЛК-10 (большая модель)	2,0—20,0	0,02—0,05	800	370	250	45	
ЛК-11	0,5—4,5	0,03—0,05	500	200	150	11	

Примечания: 1. Указанные типы дозаторов применяют и для аммоноизации обрабатываемой воды; при этом медные, бронзовые и латунные детали заменяют на стальные или чугунные, в газометре серная кислота заменяется ртутью. 2. При обработке воды сернистым газом применяют в основном вакуумные хлораторы ЛОНИИ-100.

Расход хлора составляет 17,75 мг на 1 мг-экв коагулянта. При этом необходимо также учитывать, что, кроме приведенной реакции, хлор расходуется также на окисление органических примесей природных вод.

Фторирование воды осуществляется после фильтрования, перед поступлением воды в водопроводную сеть, часто совместно с хлорированием. Для фторирования воды применяются 35 % кремнефтористоводородной кислоты, 90÷95 % фтористого натрия, 99 % кремнефтористого натрия и др. При фторировании воды необходимо соблюдать положения: постоянство поступающей на обработку воды; точность дозирования фтора и глубокое перемешивание его с водой; измерение и контроль концентрации фтора после обработки воды.

Фтористые соединения в процессе фторирования воды подаются сухими питателями с точностью дозирования ±3 % или гравиметрическими питателями с точностью дозирования ±1 %.

Дозирование жидких реагентов осуществляется напорными или вакуумными дозаторами (табл. 4.10). Предпочтение необходимо отдавать вакуумным дегазаторам. Хлорная вода и водный раствор сернистого газа, образующиеся в газодозаторах, должны подаваться к месту их введения в обрабатываемую воду по резиновым шлангам, аммиачная вода и аммиак — по железным трубам. Смешение аммиака с водой должно производиться близ места его введения в обрабатываемую воду в особых смесительных колонках специальной конструкции.

Отклонение от заданных доз, а также перерывы в их подаче не допускаются. Бесперебойность подачи достигается установкой запасных дозаторов, наличием оборудования и запасных частей, необходимых для неотложного ремонта. Съем или расход газа с одного баллона без подогрева при нахождении его в помещении с $t = 15 \div 18$ °С не должен превышать для хлора 500 г/ч. Для увеличения объема может быть использовано подогревание хлора. При этом необходимо иметь в виду, что по требованиям техники безопасности категорически запрещается на хлорпроводах устанавливать испарители трубчатого типа, резервуары, открытые змеевики или другие емкости. Подогрев должен осуществляться только в закрытых змеевиковых испарителях. Испарители этого типа представляют собой вертикальные емкости — кожухи, в которых протекает вода, подогретая до температуры не выше 40—50 °С, и расположен змеевик для жидкого хлора, превращающегося в газообразный.*

Очистка газа перед впуском его в газодозатор осуществляется в промежуточном баллоне (ресивере). Ресивер помещается между редукционным вентилем рабочих баллонов (или коллектором, собирающим хлор от нескольких бочек или баллонов) и входным вентилем газодозатора. Один промежуточный баллон может обслуживать до 8 рабочих баллонов.

На кинетику процесса осветления и обесцвечивания воды реагентами большое влияние оказывают цветность и мутность исходной воды, ионный состав ее, pH, температура, наличие в ней фито- и зоопланктона; на протекание процесса существенное влияние оказывают перемешивание, место и последовательность ввведения реагентов, состав и особенности очистных сооружений и т. п. Таким образом, на дозу реагентов оказывает влияние весь перечисленный комплекс физико-химических, биологических и технологических параметров.

Большое число переменных факторов, их взаимосвязь, а также наличие значительного числа неизвестных неизмеряемых параметров не позволяют выразить эти связи с помощью обычных функциональных зависимостей. Поэтому для обработки экспериментальных данных должны быть использованы методы математической статистики с применением ЭВМ.**

Склады реагентов. Склады реагентов рассчитываются на хранение 30-дневного запаса, считая по периоду максимального потребления их. При обосновании объем складов допускается принимать на другой срок хранения, но не менее 15 суток. При

---

* Правила безопасности при эксплуатации водопроводно-канализационных сооружений. М.: Стройиздат, 1970. Правила безопасности для производства, хранения и транспортировки хлора. ПБХ-83. М.: Недра, 1983.

** Гороновский И. Т., Руденко Г. Г. Эксплуатация станций подготовки хозяйственно-питьевой воды. Киев: Будивельник, 1985.

наличии базисных складов объем складов при станциях допускается принимать на срок хранения не менее 7 суток. Склады реагентов проектируются на сухое или мокрое хранение в виде концентрированных растворов или продуктов, залитых водой. Вид хранения и тары, а также высота слоя хранящихся продуктов приведены в табл. 4.11.

Сухое хранение производится в закрытых, хорошо вентилируемых помещениях. Склады для хранения реагентов, кроме хлора и аммиака, располагаются вблизи помещений для приготовления их растворов и суспензий. Склад активированного угля должен располагаться в отдельном помещении, быть пожаро- и взрывобезопасен (относиться к категории В).

Помещение склада фторсодержащих реагентов должно быть отделено от других производственных помещений. При этом места возможного выделения пыли должны быть оборудованы местными отсосами воздуха, а растаривание кремнефтористого натрия и фтористого натрия должно производиться под защитой шкафного укрытия. Учитывая токсичность фторсодержащих реагентов, во всех случаях требуется предусматривать общие и индивидуальные мероприятия по защите обслуживающего персонала.

Условия разгрузки реагентов и работы на складах должны удовлетворять требованиям техники безопасности и охраны труда. Разгрузка реагентов из автомашин и вагонов, а также подача их к местам приготовления и ввода в устройства водопроводной станции должны осуществляться с максимальным использованием механизмов.

К содержанию складов предъявляются следующие требования: дверные проемы, предназначенные для приема и выдачи реагента, необходимо плотно закрывать по окончании процедур (особенно в складах негашеной извести и активированного угля); помещения складов должны быть всегда сухими, чтобы содержащиеся в них реагенты не увлажнялись; помещения складов хлорной извести следует делать сухими, прохладными и хорошо вентилируемыми; реагенты внутри складов должны размещаться отдельными партиями и расходоваться в соответствии с очередностью поступления, чтобы исключить их залеживание.

Хранение жидких и газообразных реагентов в предназначенных для них складах должно осуществляться в соответствии с правилами Госгортехнадзора и Госсаннадзора, «Правилами-безопасности при эксплуатации водопроводно-канализационных сооружений» МЖКХ РСФСР и «Временными указаниями по организации хлорирования жидким хлором на коммунальных водопроводах и канализациях РСФСР». Для выгрузки баллонов со сжиженными газами необходимо применять специальные контейнеры, в которые устанавливаются по 4, 6 или 8 баллонов.

Устройство расходных складов хлора должно удовлетворять требованиям «Санитарных правил проектирования, оборудования

Таблица 4.11. Некоторые данные по хранению реагентов в складах

Реагент	Способ хранения, вид тары	Высота слоя реагента, м
Сернокислый алюминий	Навалом	2—3,5
	В виде концентрированных растворов	—
Известь гашеная	Навалом	1,5—2,5
	В резинокордных контейнерах вместимостью от 1 до 3 м³	—
Железный купорос	В бумажных мешках массой до 50 кг	2—3,5
	В деревянных бочках	—
Хлорное железо	В металлических барабанах	До 2,5
Активированный уголь	В бумажных мешках массой до 50 кг	Не более 2,5
Кальцинированная сода	В бумажных мешках	2—3,5
	В резинокордных контейнерах	—
Жидкое стекло	В железных бочках вместимостью до 250 л	До 2,5
	В деревянных заливных бочках вместимостью 100—150 л	До 2,5
Техническая поваренная соль	Навалом	До 2,0
	В виде концентрированных растворов	—
Марганцовокислый калий	В металлических бочках или банках	—
Кремнефтористый натрий	В металлических бочках	—
Фтористый натрий	В металлических бочках	—
Полиакриламид	В полиэтиленовых мешках, уложенных в тарные ящики или в деревянные бочки	—
Едкий натр	В баках промышленного изготовления (БЕ-30) вместимостью 30 м³ или другой, более мелкой, таре, изготовленной из нержавеющей стали или полиэтилена	—
Крепкая серная кислота	В баках промышленного изготовления (БК-15) вместимостью 15 м³	—
Хлорная известь	В деревянных бочках или фанерных барабанах	До 2,5
Гипохлорид кальция	В стальных оцинкованных барабанах	До 2,5

Примечания: 1. Высота укладки более 1,5—2,0 м допускается при наличии механизации погрузочно-разгрузочных работ. 2. Хранение затаренных заводом-поставщиком реагентов надлежит предусматривать в таре. 3. Разгерметизация тары с хлорным железом и силикатом натрия не допускается до момента их непосредственного использования. 4. Замораживание и хранение ПАА более 6 месяцев не допускается.

и содержания ядовитых веществ», утвержденных Министерством здравоохранения СССР.

Расходные склады хлора для баллонов и бочек надлежит размещать в отдельных закрытых огнестойких, хорошо вентилируемых помещениях на расстоянии не менее 300 м от жилых и общественных зданий. Если позволяет зона защиты, то расходные склады на водопроводных сооружениях с потреблением свыше 1 т хлора в сутки разрешается устраивать из тэнков (стационарных емкостей) заводского изготовления вместимостью до 40 т. Передача газообразного хлора с такого склада к месту потребления может осуществляться по хлоропроводам протяженностью не более 1 км. Перелив хлора в мелкую тару (баллоны или бочки) на этих установках запрещается.

При хранении баллонов и бочек должны соблюдаться следующие правила: баллоны, хранимые в вертикальном положении, помещаются в гнездах, предохраняющих их от падения, вентилями вверх; баллоны, хранимые в горизонтальном положении, складываются в штабеля высотой не более 1,5 м и длиной не более 3 м; ширину прохода между штабелями делают равной полной длине баллона, но не менее 1,5 м; прокладки между баллонами в штабеле должны обеспечивать свободное извлечение баллонов; вентили баллонов направляют в сторону прохода; бочки хранят на специальных тележках или подставках; размещение бочек должно быть таким, чтобы при извлечении любой из них остальные не перемещались.

При доставке газообразных реагентов на станцию в цистернах их переливают в бочки, баллоны или тэнки путем создания в опорожняемой цистерне давления (с помощью сжатого воздуха) в 0,5—1,5 МПа. Контроль за наполнением осуществляется взвешиванием или с помощью уровнемеров. Для взвешивания баллонов с хлором используют десятичные весы, рассчитанные на нагрузку 1—2 т, для взвешивания пустых баллонов — весы на 200 кг. Наполнять тару жидким хлором более чем на 80 % номинальной вместимости опасно. О полном опорожнении цистерны узнают по шуму, производимому воздухом при прорыве через сифонную трубку. Установленная на практике скорость перелива сжиженных реагентов составляет от 6 до 12 т/ч. С целью повышения скорости перелива в некоторых случаях производят обогрев опорожняемой емкости.

Перевозка хлора должна осуществляться с соблюдением мер предосторожности: нельзя допускать ударов и падения баллонов и бочек; следует оберегать их от нагрева солнцем, устраивая тент на открытых машинах; сопровождающие транспорт рабочие должны быть в спецодежде с защитными средствами и аварийным инструментом (разводными и гаечными ключами, молотками, зубилами и асбестографической набивкой). Хлор со склада к месту потребления транспортируется либо в баллонах или бочках на специальных тележках, либо по хлоропроводу из бочек, располо-

женных на складе. После полной сработки бочки с жидким хлором оставшийся хлоргаз необходимо удалить из бочки посредством эжектора и по возможности утилизировать.

Хлоропровод должен быть смонтирован только из цельнотянутых толстостенных труб. Соединение труб необходимо делать герметичным, резьбовым на муфтах или на фланцах с прокладками. Запрещается прокладывать хлоропровод в каналах и местах, труднодоступных для осмотров и ремонтов.

Один раз в год хлоропровод следует освобождать от хлора, продувать сухим воздухом, осматривать в узлах ответвлений, ремонтировать при надобности и немедленно после продувки заполнять жидким хлором.

Дозирование жидких реагентов осуществляется напорными или вакуумными дозаторами (см. табл. 4.10). Предпочтение необходимо отдавать вакуумным газодозаторам. Хлорная вода и водный раствор сернистого газа, образующиеся в газодозаторах, должны подаваться к месту их введения в обрабатываемую воду по резиновым шлангам, аммиачная вода и аммиак — по железным трубам. Смешение аммиака с водой должно производиться близ места его введения в обрабатываемую воду в особых смесительных колонках специальной конструкции.

Отклонение от заданных доз жидких реагентов, а также перерывы в их подаче не допускаются. Бесперебойность подачи достигается установкой запасных газодозаторов, наличием оборудования и запасных частей, необходимых для неотложного ремонта. Объем газа с одного баллона без подогрева при нахождении его в помещении с $t = 15 \div 18$ °С не должен превышать для хлора 500 г/ч. Для увеличения съема может быть использовано подогревание баллонов.

§ 4.5. Процессы смешения и смесители

Процесс смешения предназначен для быстрого и равномерного распределения реагентов в обрабатываемой воде. Смешение по нормативам должно быть закончено в течение 1—2 мин при мокром и не более 3 мин при сухом дозировании реагентов. В то же время необходимо отметить, что эффект смешения в значительной степени зависит от первоначального смешения: чем меньше срок смешения, тем быстрее и глубже происходит коагулирование примесей, т. е. быстрее наступает хлопьеобразование.

Эффективное смешение реагентов с обрабатываемой водой достигается турбулизацией ее потока в смесителях гидравлического и механического типов. В принятых в СССР смесителях гидравлического типа эффект смешения создается трехкратным местным увеличением скорости потока обрабатываемой воды с 0,3—0,6 до 1,0 м/с при расчетных расходах воды. При снижении или увеличении расходов воды (уменьшении или увеличении

скорости) гидравлические смесители не обеспечивают удовлетворительного смешения ее с реагентами. В этом случае требуемое время пребывания воды в смесителях необходимо поддерживать дополнительными устройствами, обеспечивающими, например, циркуляцию воды или пропуск части ее мимо смесителей.

Применение механических смесителей связано с применением дополнительных устройств и повышенными затратами электроэнергии. Применение таких смесителей требует в каждом случае обоснования.

При эксплуатации смесителей необходимо стремиться к тому, чтобы коэффициент объемного использования сооружения (т. е. объем смесителя) был наивысшим.

Осмотр, очистка и текущий ремонт камер смесителей должен осуществляться в периоды наименее напряженной работы станций в соответствии с планом ППО и ППР (табл. 4.2 и 4.3). При эксплуатации перегородчатых и дырчатых смесителей необходимо следить за тем, чтобы в воду не попал воздух. С этой целью проходы перегородчатого смесителя должны быть затоплены, причем расстояние от верхней кромки прохода до уровня воды должно составлять 10—15 см. В дырчатых смесителях верхний ряд отверстий должен быть также затоплен на глубину 10—15 см. Отводящие от смесителей воду трубопроводы погружаются в воду на глубину 50—60 см от верхней кромки трубопровода.

Для интенсификации процесса смешения обрабатываемой воды с коагулянтом и улучшения процесса осаждения коагулированной взвеси применяют аэрирование воды. Как известно, продуктами гидролиза сериокислого алюминия при растворении его в воде являются коллоиды гидроокиси алюминия или основные соли его и ионы водорода. Последние, вступая во взаимодействие с присутствующими в воде бикарбонатными ионами, приводят к образованию значительного количества свободной углекислоты:

$$H^+ + HCO_3^- \rightarrow H_2O + CO_2. \qquad (4.2)$$

Образующаяся углекислота сорбируется частицами хлопьевидной взвеси, вызывая ее флотацию — всплывание хлопьев на поверхность воды. При этом хлопья становятся более рыхлыми, менее прочными, со сниженными сорбционными свойствами. Все это ухудшает процесс осаждения взвеси в отстойных сооружениях.

Применение аэрирования воды во многом ускоряет процесс удаления углекислоты и делает процесс десорбции ее наиболее полным. При этом значительно изменяется также структура хлопьев: они делаются более плотными, менее газоиаполненными, что приводит к более быстрому осаждению взвеси и лучшему осветлению воды.

Наиболее неблагоприятно сказывается процесс флотирования хлопьев на осветлении воды при коагулировании маломутных цветных вод, и особенно в условиях низких температур, когда

вязкость воды значительно увеличивается. В данном случае наиболее целесообразен и приемлем метод коагулирования с применением аэрирования.

§ 4.6. Процессы хлопьеобразования и камеры хлопьеобразования (реакции)

Завершающим этапом реагентной обработки воды является процесс хлопьеобразования. Время пребывания воды в камерах реакции и гидравлический режим их работы должны рассчитываться таким образом, чтобы обеспечивать оптимальные условия для формирования и укрупнения хлопьев коагулированной взвеси. Оценкой эффективности этого этапа является крупность сформированных хлопьев, обладающих адсорбционными свойствами и достаточной механической прочностью для транспортировки их от камеры хлопьеобразования до отстойных сооружений. Полнота выполнения названных условий зависит от правильного выбора конструктивных и технологических параметров устройства.

В процессе эксплуатации камер хлопьеобразования необходимо обеспечивать медленное и равномерное перемешивание, а также постоянное наблюдение за скоростью движения воды в камерах хлопьеобразования: рекомендуется поддерживать скорости 0,2—0,3 м/с в начале и 0,05—0,1 м/с в конце движения воды в камерах.

Вялое, замедленное хлопьеобразование свидетельствует о неправильном гидравлическом режиме, низких или завышенных дозах реагентов, низкой температуре воды, недостаточном щелочном резерве и несовершенстве метода коагулирования.

При проведении процессов хлопьеобразования необходимо учитывать следующие положения:

понижение температуры обрабатываемой воды замедляет процесс коагулирования примерно в 2 раза на каждые 10 °С, а при температурах ниже 3 °С процесс замедляется настолько, что можно считать его прекратившимся;

наилучшие условия хлопьеобразования достигаются для мягких и цветных вод при pH = 5÷6, а для жестких и мутных — при pH = 6,5÷7,5;

улучшению процессов коагулирования и хлопьеобразования взвеси способствует предварительное хлорирование воды; при этом расход коагулянта может быть снижен на 20—50 %; кроме того, предварительное хлорирование воды улучшает санитарное состояние водоочистных сооружений;

улучшению процессов хлопьеобразования способствует введение в обрабатываемую воду флокулянтов (ПАА, активированной кремневой кислоты и др., а также осадка из отстойников, осветлителей, шлама из отслоенной промывной воды фильтров и КО;

интенсификация хлопьеобразования может быть достигнута продуванием через обрабатываемую воду воздуха в специально

оборудованной камере с уложенными на ее дне решетками из перфорированных труб или пористых плит с расходом воздуха 0,15 м³ на 1 м² площади резервуара.

Рекомендуемые расстояния между осями труб — 0,9÷1,5 м при диаметре отверстий 1,8÷2,0 мм и шаге между ними 75÷÷150 мм; глубина барботажа — 2÷2,5 м; допустимая высота воды — не более 4,5 м.

Во время эксплуатации камер хлопьеобразования необходимо следить за тем, чтобы образующиеся хлопья не разрушались и не выпадали в осадок. Оптимальный режим скоростей движения воды устанавливается в процессе эксплуатации. Так же как и для смесителей, необходимо стремиться к тому, чтобы коэффициент объемного использования был наивысшим. Камеры хлопьеобразования не реже 1 раза в год (это касается и смесителей) очищаются и отмываются 5 %-ным раствором железного купороса. Затем производится дезинфекция их хлорной водой и дозой активного хлора не менее 25 %.

§ 4.7. Сооружения по отстаиванию воды

Во время работы вертикальных и горизонтальных отстойников необходимо: следить за накоплением в них осадка и влиянием его на качество отстаиваемой воды; проверять не реже одного раза в квартал равномерность распределения воды как между отстойниками воды, так и по их сечению; следить за отсутствием перекоса кромок переливных лотков и желобов.

При эксплуатации осветлителей с взвешенным слоем особое значение имеет их «зарядка»: перед наладкой осветлителей необходимо провести пробное коагулирование воды в соответствии с ГОСТ 2919—81 с целью установления требуемой дозы коагулянта; для более интенсивного процесса хлопьеобразования рекомендуется производить вторичное коагулирование установленными дозами реагентов, равными 20—25 % от начальной расчетной дозы. Для ускорения «зарядки» осветлителей со слоем взвешенного фильтра рекомендуется применять тяжелые железные коагулянты и интенсифицирующие реагенты (ПАА, АКК и др.); накопление расчетного слоя взвешенного фильтра должно происходить при закрытой задвижке, установленной на системе принудительного отсоса.

После того как верхняя граница взвешенного слоя достигнет верха шламоотводящих труб (в осветлителях с поддонным шламоуплотнителем) или уровня специальных окон (в осветлителях с вертикальным осадкоуплотнителем), для удаления излишков непрерывно прирастающего взвешенного слоя открывается задвижка на системе принудительного отсоса с таким расчетом, чтобы через нее проходил расход воды, равный 15—25 % производительности осветлителя.

Контроль прироста взвешенного слоя осуществляется путем отбора проб воды как через контрольные краники, так и на разных высотах с помощью вакуум-насоса, барометра или измерения глубины погружения электрической лампочки низкого напряжения (12 В), опускаемой в осветлитель сверху на шнуре.

Образование в осветлителе слоя взвешенного фильтра производится при скорости восходящего движения воды 0,8—1 мм/с; заданная скорость движения воды устанавливается после «зарядки». Перевод осветлителя на более высокую скорость (или производительность) осуществляется постепенным открытием задвижки на подающей трубе, с тем чтобы не было выноса взвешенных частиц в сборные желоба. В целях более равномерного распределения воды по сечениям в осветлителях коридорного типа, а также для лучшего смешения ее в зоне реакции на дно коридоров рекомендуется укладывать слой гравийной засыпки высотой 200—250 мм с крупностью гравия 40—50 мм.

Осадок из шламоуплотнителя удаляют без выключения подачи коагулированной воды, т. е. не останавливая осветлитель. Выкачивание осадка может осуществляться мембранным насосом в течение 50—60 мин, после этого осадок должен подаваться на обезвоживание (иловые площадки, фильтры-прессы и т. п.). Во время удаления его из камер шламоуплотнителей желательно задвижку на системе принудительного отсоса прикрыть (по крайней мере, наполовину), для того чтобы при прохождении воды через шламоуплотнитель не понижать концентрацию осадка излишним разбавлением.

Кроме одноразового выпуска осадка в смену (или в сутки), 1—2 раза в год необходимо производить генеральную чистку шламоуплотнителя и камер осветления. Процесс чистки осуществляется следующим образом: подача воды в осветлитель прекращается, производится его опорожнение через донный спуск; через шламоотводящую трубу вода подается в камеру шламоуплотнения с целью размыва оставшегося на ее стенках и дне осадка.

Контроль за смывом осадка в осветлителях с поддонным шламоуплотнителем осуществляется через лаз (диаметр которого должен быть не менее 600 мм). Если полностью смыть уплотненный осадок с помощью воды, поступающей через шламоотводящую трубу или брандспойт, не удается, то накопления шлама удаляют лопатами, скребками или специальными механизмами. При чистке камер осветлителей попутно производят осмотр задвижек, перебивку сальника, а также осмотр и ремонт других его деталей.

Выпуск осадка из междудонного пространства в осветлителях с поддонным шламоуплотнителем производится также во время чистки последнего. Удаление осадка в этом случае может осуществляться путем подачи увеличенных расходов воды (в 2—2,5 раза больше обычных) в междудонное пространство. Если при этом

поднять и смыть слежавшийся осадок на герметичном дне не удается, то его удаляют с помощью механизмов.

При эксплуатации осветлителей со слоем взвешенного фильтра большое внимание следует уделять обработке маломутных цветных вод, и особенно в период интенсивного нагрева поверхностных вод после весеннего снеготаяния. В некоторых случаях устойчивая работа осветлителей в этот период может быть обеспечена только при значительно пониженных скоростях восходящего потока воды в зоне осветления. Исследования показывают, что скорость восходящего потока ниже осадкоотводящих устройств следует принимать не больше 0,65 мм/с для коридорных осветлителей и не больше 0,9 мм/с для осветлителей, разработанных во ВНИИГСе.

Как при пуске, так и во время эксплуатации осветлителей со взвешенным осадком требуется постоянно отрабатывать такие параметры:

подбор оптимальных доз реагентов для обработки воды и установление наилучшего режима дозирования и ввода их в обрабатываемую воду;

равномерное распределение воды по осветлителям и по площади каждого осветлителя в отдельности;

создание плотного и устойчивого взвешенного осадка в осветлителе с установлением оптимальной высоты его;

установление оптимальной скорости восходящего потока воды в осветлителе и определение производительности его в разные периоды года;

установление периодичности и продолжительности сброса осадка из осадкоуплотнителя при продувке осветлителя; определение потерь воды при продувке.

За последние годы для предварительного осветления и обесцвечивания хозяйственно-питьевой воды перед поступлением ее на фильтры находят применение флотационные установки (ФУ), которые могут быть использованы как при строительстве новых, так и при реконструкции существующих очистных сооружений путем переоборудования отстойников, осветлителей со взвешенным осадком, отдельных емкостей и т. п. Флотационные установки рекомендуется применять при обработке маломутных цветных вод поверхностных водоисточников.

Перед пуском ФУ в эксплуатацию проводится гидравлическое испытание всех систем. Испытание устройств, в которых готовится водовоздушная смесь, должно быть проведено в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» Госгортехнадзора СССР.

Порядок пуска ФУ заключается в следующем: производится заполнение флотационных камер предварительно осветленной водой до рабочего уровня; включается насос и компрессор, устанавливается рабочее давление и уровень водовоздушного раствора в напорном баке; визуально определяются равномерность выде-

ляющихся пузырьков воздуха из распределительных трубопроводов во флотационной камере. Нормальным считается такое распределение, при котором образуется устойчивая водовоздушная эмульсия молочного цвета без выделения крупных пузырьков воздуха.

Во время работы ФУ ведутся наблюдения за равномерным распределением водовоздушного раствора в объеме обрабатываемой воды, степенью осветления ее, скоростью образования пены, равномерностью распределения ее по всей поверхности камеры. Сброс пены из флотационной камеры может быть непрерывным и периодическим. Периодичность сброса флотационной пены устанавливается из условия предотвращения разрушения ее в камере и тем самым предупреждения вторичного загрязнения воды, а также по санитарным соображениям. Время пребывания пены должно быть не более 8 ч.

Для флотационного осветления рекомендуется использовать очищенные коагулянты. При применении неочищенных коагулянтов растворы их следует предварительно подвергать отстаиванию в течение 20—30 мин.

Для повышения эффекта хлопьеобразования используются флокулянты и осуществляется продувка воды воздухом в смесителях. Дозы флокулянтов выбираются с учетом конкретных условий и могут меняться по сезонам года.

Обрабатываемая вода после флотационной установки имеет повышенное содержание воздуха, что может повлиять на работу фильтров. С целью исключения засорения загрузки фильтров воздухом, который, как правило, сохраняется на поверхности взвешенных частиц, рекомендуется содержание последних доводить до 3—8 мг/л в зависимости от местных условий.

Удаление накопившегося в отстойных сооружениях осадка осуществляется не реже 1 раза в год, обычно перед наступлением паводка. Этот процесс осуществляется в следующем порядке: прекращается подача воды в отстойник, открываются водосточные задвижки, и вода из него с частью осадка сорасывается в сток; оставшийся осадок размывается водой из брандспойтов с удалением его также в сток; загрязнения со стенок и перегородок удаляются щетками, а затем обрабатываются 5 %-ным раствором $FeSO_4$. После очистки резервуары дезинфицируются хлорной водой с дозой активного хлора 25 мг/л.

При работе отстойников следует исключить образование «мертвых зон», увеличивать коэффициент объемного использования сооружений. Для улучшения работы горизонтальных отстойников и повышения качества осветляемой воды рекомендуется монтировать системы рассредоточенного отбора воды.

В последнее время широко внедряются в практику очистки воды тонкослойные (полочные) отстойники и рециркуляторы конструкции АКХ ЛО, имеющие более высокие технологические показатели по сравнению с рассмотренными отстойными сооружениями.

Тонкослойные отстойники * позволяют значительно интенсифицировать процесс осаждения, на 25—30 % повысить эффект осветления, на 60 % уменьшить площадь застройки. К преимуществам тонкослойных отстойников следует отнести также устойчивость их работы при значительных колебаниях расходов поступающей на очистку воды, изменениях ее температуры и концентраций загрязнений.

Применение принципа тонкослойного отстаивания перспективно при реконструкции действующих отстойников различного типа с целью увеличения их производительности. Это является наиболее экономичным, а в ряде случаев единственным решением, учитывая стесненные условия действующих очистных станций и, как правило, отсутствие вблизи них свободных земельных площадей. При этом реконструкция сооружений может быть осуществлена в кратчайший срок, так как переустройство этих сооружений в тонкослойные отстойники не требует длительных и сложных строительно-монтажных работ, а сводится к установке заранее изготовленных блоков тонкослойных элементов в отстойной зоне.

Тонкослойные элементы могут быть выполнены как из гибких материалов, не обладающих достаточной жесткостью, так и из материалов достаточной жесткости. Для обеспечения сползания в осадочную часть отстойника взвеси, оседающей на поверхности тонкослойных элементов, последним придается наклон к горизонту. Угол наклона принимается обычно 55—60°. По конструкции тонкослойные элементы выполняются в виде плоских или гофрированных полок, а также в виде труб различного поперечного сечения: круглого, квадратного, прямоугольного и т. д.

Способ осаждения взвеси в слоях с малой высотой может быть использован в осветлителях со взвешенным осадком для повышения эффекта осветления и увеличения их производительности. Особенно это эффективно при очистке цветных вод с малой и средней мутностью. Для этого могут быть применены разработанные НИИКВиОВ АКХ им. К. Д. Памфилова тонкослойные модули, состоящие из каркаса и полок из поливинилхлорида. Тонкослойные модули высотой 1,1 м устанавливаются в рабочих камерах и осадкоуплотнителе. Установка этих модулей позволяет увеличить скорость восходящего движения потока в осветлителе в 1,5 раза по сравнению со скоростями, принимаемыми для осветлителей обычной конструкции.

В ЛИИЖТе разработана конструкция полочного отстойника вертикального типа, позволяющая повторно использовать осадок без дополнительных устройств для его возврата в отстойную зону и без разрушения хлопьев осадка. Повторное использование осадка позволяет сократить расход реагентов и улучшить процесс очистки воды за счет более интенсивного хлопьеобразования и их

---

* Эксплуатация тонкослойных (полочных) отстойников написана по материалам Ю. М. Симонова (ЛИИЖТ).

осаждения. Использование осадков особенно эффективно в осенне-зимний период работы водоочистных станций, когда температура воды понижается и процесс хлопьеобразования замедляется, что, в свою очередь, требует увеличения дозы коагулянта.

В НИИКВиОВ разработаны водоочистные установки типа «Струя», в которых напорные отстойники оборудованы трубами небольшого диаметра для реализации принципа тонкослойного осаждения.

Поскольку продолжительность пребывания воды в тонкослойных отстойниках по сравнению с обычными очень мала, то следует особое внимание уделять равномерному распределению потока воды между тонкослойными элементами, процессам смешения воды с реагентом и созданию условий для процесса хлопьеобразования. Если в обычных отстойниках неудовлетворительная работа смесителей или камер хлопьебразования может в какой-то мере компенсироваться за счет более длительного пребывания воды в отстойнике, то в тонкослойных отстойниках это невозможно.

§ 4.8. Фильтры и контактные осветлители

Осмотр фильтров, очистка, замер и восполнение количества песка, а также ремонтные работы производятся в соответствии с установленными правилами ППО и ППР (см. табл. 4.2 и 4.3).

Пуск фильтров в эксплуатацию после производства ремонтных работ осуществляется следующим образом: фильтр медленно заполняется снизу через промывную систему отстоянной водой с целью вытеснения воздуха из порового пространства фильтрующего слоя и исключения нарушения горизонтальности (размыва) сухого слоя песка при подаче воды сверху. Когда уровень воды в фильтре будет выше поверхности песка на 200—300 мм, пуск воды снизу прекращают и начинают подавать ее сверху через боковой карман до полного заполнения фильтра. При расчетном уровне воды фильтр оставляют в покое на 20—30 мин; после этого его предварительно промывают со сбросом фильтрата в канализацию. По окончании отмывки загрузки фильтр обеззараживают хлорной водой, содержащей 20—50 мг/л активного хлора. Фильтр включают в работу после 24-часового контакта и окончательной промывки его чистой водой до получения остаточного хлора в промывной воде не более 0,3—0,5 мг/л. Пуск фильтров в работу следует производить при скорости фильтрации 2—3 м/ч с постепенным увеличением до расчетной (в течение не менее 15 мин).

При загрузке двухслойных фильтров с верхним слоем из антрацитовой крошки работы осуществляются в два этапа. Сначала фильтр загружается только гравием и песком и эксплуатируется в течение месяца для гидравлической классификации (во время промывок) зерен песка. За это время с поверхности

фильтра удаляется мелкий песок (фракция меньше 0,5—0,6 мм). Лишь после того как ситовый анализ верхнего слоя песка покажет почти полное отсутствие мелочи, приступают к загрузке фильтра антрацитовой крошкой. Для этого фильтр заливают водой на 0,4—0,5 м выше поверхности песка; после этого антрацитовую крошку засыпают равномерно в воду и выдерживают в течение 3—4 ч для выделения воздуха из пор антрацита. Затем отмывают загрузку от угольной пыли, постепенно увеличивая интенсивность промывки (первые 2—3 мин интенсивность должна быть не более 7—8 л/с·м^2). В дальнейшем фильтры и контактные осветлители (КО) тщательно промывают с расчетной интенсивностью подачи воды. Таким образом с поверхности песка или антрацита снимают грязь и мелкие фракции, затем, если необходимо, производят догрузку.

Применение фильтров с двухслойной загрузкой позволяет при мутности исходной воды до 50 мг/л (с учетом взвеси, образующейся при введении реагентов) осветлять воду, минуя сооружения по ее отстаиванию, т. е. переходить на одноступенчатую схему осветления воды. Коагулирование при этом предусматривается непосредственно перед фильтрами. Смешение происходит за счет направленного движения воды в трубопроводе.

В качестве фильтрующих материалов, кроме кварцевого или карьерного песка и антрацита, могут использоваться дробленый мрамор, магнетит, керамическая крошка, керамзит, горелые породы и другие фильтрующие материалы, отвечающие по определенным параметрам установленным требованиям. К таким параметрам относятся: плотность, химическая стойкость, механическая прочность, истираемость, измельчаемость и гранулометрический состав. В качестве материала поддерживающих слоев применяются гравий или щебень, которые должны быть устойчивы против измельчения и истирания, химически стойки, содержать частицы известняка в количестве не более 10 %. Для предотвращения сдвига поддерживающих гравийных слоев применяются плиты из беспесчаного макропористого бетона или пригрузка верхнего поддерживающего слоя (2—4 мм) обратным фильтром толщиной 20—25 см из крупного (16—32 мм) гравия. В последнее время находят применение фильтры без поддерживающих слоев.

Доставляемый на станцию фильтрующий материал и гравий необходимо мыть и сортировать сразу же после его доставки. Промытый и отсортированный загрузочный материал должен храниться в закромах или штабелях, защищенных от внешнего загрязнения. Подбор фильтрующего материала для однослойных и двухслойных фильтров АКХиКО изложен в «Правилах технической эксплуатации водопроводов и канализаций», ТУ 401-08-561—81 (песок — заполнитель контактных осветлителей с гравийной загрузкой), ТУ 401-08-119—80 (гравий — заполнитель контактных осветлителей) и др.

Эффективность работы фильтров зависит от состояния распределительных и сборных систем, равномерного распределения промывной воды по площади фильтров, параметров загрузки, наличия воздуха в воде, скорости фильтрования, своевременной и качественной промывки фильтрующей загрузки, распределения напора по ее высоте (не допускать вакуума!). При включении фильтрующих сооружений на промывку необходимо полностью удалять воздух из трубопроводов, подающих промывную воду. Качество промывки контролируется по величине потерь напора промытой загрузки по сравнению с потерями, которые имели место в чистой загрузке (в начальный период эксплуатации).

В целях экономии расхода хлора и осветленной воды промывка фильтрующей загрузки может производиться неочищенной водой. Это возможно при мутности исходной воды до 8—10 мг/л и цветности 50—60 град. При промывке водой указанного качества (в зимний период) в фильтрующей загрузке не происходит роста остаточных загрязнений ни в виде микроорганизмов, ни в виде минеральных взвесей. По бактериологическим и органолептическим свойствам вода, прошедшая через фильтр, промываемый неочищенной водой, не отличается от воды, прошедшей фильтр, промытый очищенной водой.

При эксплуатации медленных фильтров необходимо: вести наблюдение за состоянием биологической пленки и верхнего слоя песка; своевременно удалять верхний загрязненный слой; своевременно заготавливать и досыпать песок взамен удаляемого; производить химико-бактериологический контроль за качеством обработанной воды; равномерно распределять воду, поступающую на фильтр. Работы по удалению загрязненного песка и досыпке чистого должны быть механизированы. Медленные фильтры чувствительны к содержанию в осветляемой воде планктона. Поэтому при числе клеток 1000—1500 шт. в 1 мл вода перед подачей ее на фильтры должна процеживаться через микрофильтры или другие устройства. Во избежание развития фитопланктона на фильтрах желательно исключать попадание света в помещение, где они находятся.

§ 4.9. Эксплуатация установок по обеззараживанию воды хлором

Для обеззараживания воды применяется хлор в газообразном состоянии и в виде соединений (хлорная известь, гипохлориты и др.). Хлорирование питьевой воды при суточном расходе до 50 кг, как правило, разрешается производить только из баллонов. При расходе хлора больше 50 кг/сут могут использоваться как баллоны, так и бочки-контейнеры заводского изготовления вместимостью 1000 л.

Сборный трубопровод от баллонов или бочек подключается к вакуумным хлораторам последовательно через змеевиковый

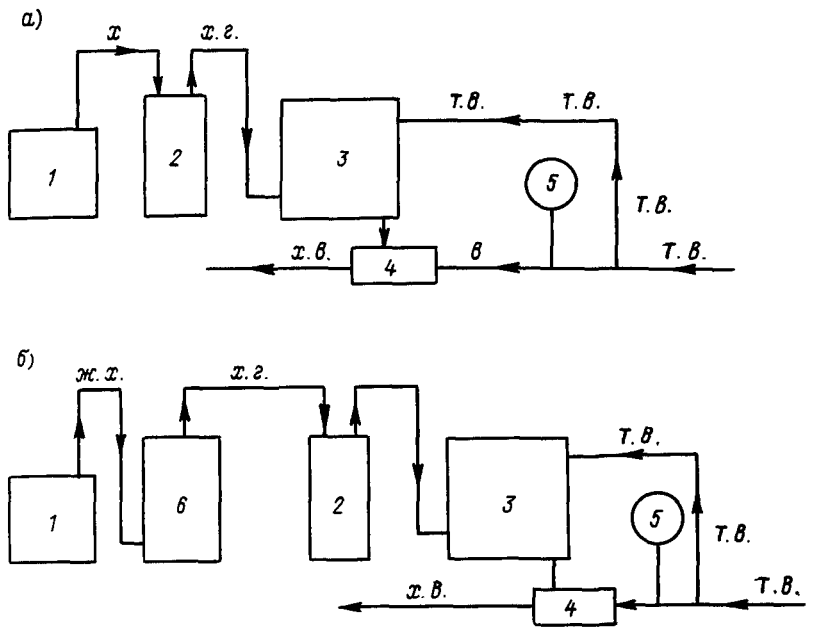


Рис. 4.1. Принципиальные схемы оборудования хлораторных

а — без испарителя; *б* — с испарителем; *1* — баллоны или бочки на весах; *2* — промежуточный баллон (грязевик); *3* — вакуумный хлоратор; *4* — эжектор; *5* — манометры на водопроводной линии; *6* — испаритель змеевиковый, подогреваемый водой температурой 40—50 °С; х. г. — трубопровод с хлором газом; ж. х. — трубопровод с жидким хлором; т. в. — трубопровод с водой; х. в. — трубопровод с хлорной водой

испаритель и баллон-грязевик вместимостью 50—70 л с сифонной трубкой. На сборном коллекторе между баллонами (или бочкой) на весах и испарителем устраивается спираль для свободной работы весов. Принципиальные схемы хлораторных установок без испарителей и с испарителями показаны на рис. 4.1. Испарение жидкого хлора должно производиться только в змеевиковых испарителях, которые представляют собой вертикальные цилиндрические аппараты с размещенными внутри змеевиками, по которым проходит жидкий хлор.

Установка на хлоропроводах трубчатых испарителей или других емкостей запрещается. Перед подачей хлора в испарители необходимо: проверить подготовку испарителей для приемки жидкого хлора; убедиться, что хлораторщики и все работающие в хлораторной предупреждены о начале подачи хлора; хлорный вентиль на линии подачи хлора в испаритель открывать медленно, создавая давление в хлоропроводе не выше 0,4 МПа; подогрев змеевика производить только водой с температурой не более 40—50 °С. На эжекторы хлораторов должна бесперебойно подаваться вода под давлением не менее 0,4—0,5, но не более 0,7 МПа. На случай прекращения подачи воды необходимо предусмотреть

вторичное питание или установку подкачивающего насоса. Отбор воды для других целей из линии эжекторов запрещается.

Все линии хлораторной установки при их замене должны выполняться из хлоростойких материалов. Для сухого хлора-газа стойкими материалами являются нержавеющие, легированные, углеродистые (Ст. 3, Ст. 2) и хлористые стали, алюминиевые сплавы, винипласт, эбонит, фаолит, стекло, свинец, медь, паронит (прокладки), асбестографитовая набивка. Хлорная вода обладает большой агрессивной способностью, поэтому коммуникации выполняются главным образом из неметаллических материалов (резина, поливинилхлорацетат, винипласт, эбонит). Чаще всего хлорная вода транспортируется по резиновым шлангам диаметром 25—31 мм.

Перед входом в хлораторную или на расходный склад дежурный персонал должен включить вентиляцию и убедиться в отсутствии газа с помощью реактивных подкрахмаленных бумажек, смоченных в дистиллированной воде (при наличии хлора в воздухе бумажки приобретают синий цвет), или газоанализаторов УГ-2.

Утечка газообразного хлора из баллонов (бочек) может быть приостановлена с помощью хомутов, мокрой тряпки или заливкой места утечки водой. При непрекращающейся утечке газа на баллон следует надеть аварийный футляр или погрузить баллон в ванну с 10 %-ным раствором тиосульфата натрия ($Na_2S_2O_3 \times \times 5H_2O$) или извести. При непрекращающейся утечке газа из бочки хлор из нее может быть слит в свободную бочку или же неисправная бочка должна быть помещена в специальный приямок глубиной не менее 1,5 м, в который подается раствор тиосульфата натрия. Приямок после этого следует покрыть деревянными или металлическими щитами. Запас тиосульфата натрия или извести должен храниться в сухом месте в количестве 200—300 кг.

Работы по устранению утечек или дегазации следует производить в шланговых противогазах ПШ-1 или в изолирующих противогазах КИП-5 или КИП-7 при работающей вентиляции. Для оповещения окружающих об авариях у хлораторных и расходных складов устанавливают звуковые сигнализаторы. Индивидуальные защитные средства (табл. 4.12 и 4.13) хранятся, как правило, в индивидуальных шкафах с надписями и в соответствии с требованиями правил техники безопасности подвергаются периодической проверке.

Хлорная известь для обеззараживания воды применяется на водопроводных станциях небольшой производительности в виде раствора, дозирование его должно осуществляться только после отстаивания. Последние исследования АКХ показали, что для обеззараживания воды может применяться и гипохлорит натрия, получаемый электролитическим способом из раствора поваренной соли. Электролизные установки выпускаются серийно экспериментальным заводом АКХ.

Таблица 4.12. Табель оснащения защитными средствами в расходных складах хлора

Наименование	Потребное количество	
	на одного работающего	на один склад
Противогаз марки В	2 шт.	2 шт.
Кислородный изолирующий противогаз КИП	—	2 шт.
Шланговый противогаз ПШ-1	—	1 шт.
Прорезиненный фартук с нагрудником	1 шт.	—
Резиновые сапоги	1 пара	—
Резиновые перчатки	1 пара	—
Полотенце и мыло	1 шт.	—
Нашатырный спирт для обнаружения утечек хлора	—	2 флакона
Индикаторная бумага в лентах	—	3 пачки
Дистиллированная вода	—	1 бутыль (3 л)
10 %-ный раствор тиосульфата натрия (срок хранения 1 месяц)	—	1 бутыль (3 л)
10 %-ный раствор соды (срок хранения 6 месяцев)	—	1 бутыль (3 л)
Запас чистых тряпок или ваты в мешках	—	3 кг
Аптечка	—	1 шт.
Аккумуляторный фонарь	—	2 шт.
Тиосульфат натрия для дегазации в бутыли	—	1 бутыль (10 л)
Инструкция по технике безопасности	—	1 шт.
Противоипритный костюм	—	1 шт.

Таблица 4.13. Табель оснащения защитными средствами хлораторных на городских водопроводах

Наименование	Потребное количество	
	на одного работающего	на хлораторную
Противогаз марки В	2 шт.	2 шт.
Прорезиненный фартук с нагрудником	1 шт.	—
Резиновые сапоги	1 пара	—
Резиновые перчатки	1 пара	—
Полотенце и мыло	1 шт.	—
Нашатырный спирт для обнаружения утечек	—	2 флакона
10 %-ный раствор тиосульфата натрия	—	1 бутыль (3 л)
Дистиллированная вода	—	1 бутыль (3 л)
Раствор питьевой соды	—	1 бутыль (3 л)
Запас чистых тряпок или ваты (в мешке)	—	1 кг
Аптечка	—	1 шт.
Аккумуляторный фонарь переносной	—	1 шт.
Инструкция по технике безопасности	—	1 шт.
Огнетушитель химический ручной	—	2 шт.

§ 4.10. Обеззараживание сточных вод хлором

Эксплуатация установок по обеззараживанию сточных вод осуществляется по правилам, изложенным в § 4.7.

Обеззараживание сточных вод предусматривается жидким хлором или гипохлоритом натрия, получаемым на месте в электролизерах.

Расчетную дозу активного хлора на 1 м³ сточных вод следует принимать (г): после механической очистки — 10, после полной биологической очистки в искусственно созданных условиях — 3, после неполной биологической очистки в искусственно созданных условиях — 5.

Принятую дозу активного хлора необходимо уточнять в процессе эксплуатации, исходя из того, что количество остаточного хлора в обеззараженной воде после контакта должно составлять не менее 1,5 г на 1 м³ сточных вод.

Хлорное хозяйство очистных сооружений должно обеспечивать возможность увеличения расчетной дозы хлора в 1,5 раза.

§ 4.11. Обеззараживание воды озонированием и другими способами

Для действия озона на примеси, находящиеся в воде, необходимо смешивать его с водой. В настоящее время применяются два способа:

а) смешивание с помощью эмульгаторов (эжекторов). Этот способ прост, но требует пропуска через эжектор всей обрабатываемой воды, что ведет к дополнительным расходам электроэнергии;

б) подача озонированного воздуха через дырчатые трубы, размещенные в нижней части контактной колонны. Поток воды в колонне направляется сверху вниз. Время контакта обеззараживаемой воды озоном принимается равным 5 мин. Доза озона зависит от назначения озонирования воды: если озон вводится только для обеззараживания воды (после очистки воды), то доза озона может составлять 0,6—1,5 мг/л, если же озон предназначается и для других целей (например, для обесцвечивания воды, удаления сероводорода, обезжелезивания и т. д.), то доза озона может доходить до 4—5 мг/л.

Озон малорастворим в воде: при давлении 0,1 МПа на 1 л воды при $t = 0$ °С растворяется 1,42 г, при 10 °С — 1,04 г, при 30 °С — всего 0,45 г. Диссоциация озона довольно быстро протекает в щелочных растворах, а в кислотных он проявляет высокую стойкость. Озон является отравляющим веществом раздражающего и общего действия. Для безопасности обслуживающего персонала содержание озона в помещении должно быть не более 0,0001 мг/л. Пребывание человека в помещении, где концентрация озона

в воздухе составляет 0,001 мг/л, может быть только кратковременным; доза озона 0,018 мг/л вызывает удушье.

Все элементы установок и оборудования, с которыми соприкасается озон, должны быть устойчивы к нему. Озон и его водные растворы коррозионны: они разрушают сталь, чугун, медь, резину, эбонит. Устойчивыми являются нержавеющая сталь и алюминий (срок службы специально подобранной нержавеющей стали составляет 10—15 лет, а алюминия — 5—7 лет).

Для обеззараживания воды могут применяться ионы тяжелых металлов (серебро, медь, кадмий, хром и др.). Наибольшее распространение получило серебро. Формы введения серебра могут быть самыми различными:

погружение в воду серебряных пластинок или выдерживание воды в серебряных сосудах; бактерицидный эффект наступает через 8—24 ч;

использование посеребренного песка; время бактерицидного действия в этом случае снижается до 2—4 ч;

введение в воду солей серебра — раствора нитрата серебра, аммиачного раствора серебра и др.; время бактерицидного действия сокращается до 1—2 ч;

электролитический метод наиболее эффективен для приготовления серебряной воды; растворение серебра протекает при расстоянии между пластинами 5—12 мм, плотности тока 0,15—5,0 мА/см^2 и напряжении на электродах 3—12 В; время бактерицидного действия составляет 15—120 мин.

Выход серебра по току зависит от состава примесей воды и условий электролиза, а это, в свою очередь, оказывает влияние на бактерицидное действие и скорость протекания процесса обеззараживания воды. Взвеси и некоторые растворенные в воде соли могут образовывать на поверхности серебра плотные пленки, делающие электроды малорастворимыми, или же изменять электрохимические реакции на электродах. Так, наличие в воде хлоридов приводит к образованию на серебряном аноде пленки хлорида серебра, затрудняющей растворение металла и, следовательно, понижающей выход серебра по току. Содержание сульфатов мешает электролитическому растворению серебра из-за выделения на аноде кислорода. Для протекания нормальных процессов растворения серебра содержание хлора должно быть не более 30 мг/л, а ионов сульфатов — не более 50 мг/л.

Для обеззараживания воды ионами серебра в настоящее время применяются ионаторы различных марок (табл. 4.14).

Метод обеззараживания воды ионами серебра особенно эффективен при необходимости ее длительного хранения, так как бактерицидное действие даже небольших доз серебра сохраняется на протяжении многих месяцев. Внутренние поверхности емкостей, предназначенных для длительного хранения воды, содержащей ионы серебра, рекомендуется покрывать следующими веществами: силикатной эмалью, лаком ХС-74, эмалью ХС-710, высококаче-

Таблица 4.14. Ионаторы серебра

Наименование ионатора	Выход серебра в воду, мг/ч	Количество обрабатываемой воды, м³/ч	Завод-изготовитель
ЛК-21, ЛК-22	50—900	5	Механический завод Управления водоканализации, Киев
ЛК-25 (переносной)	250	25	То же
ЛК-26, ЛК-27 (дорожный кармашный)	4	—	Сумский завод электронных микроскопов
ЛК-28 (стационарный автоматизированный)	10 000	До 50	Киевский опытно-экспериментальный завод медицинских приборов Министерства здравоохранения УССР
ЛК-30	15 000	100	Мелитопольский компрессорный завод

ственной штукатуркой, серебром или посеребренными металлами. Емкости из дюралюминия, стали, оцинкованного железа и других металлов, более активных, чем серебро, для долговременного хранения питьевой воды, содержащей ионы серебра, непригодны.

Обеззараживание воды ультрафиолетовыми лучами (длина волны от 200 до 295 мкм) имеет следующие достоинства (по сравнению с хлорированием): ультрафиолетовые лучи уничтожают не только вегетативные, но и спорообразующие бактерии; работа установок с ультрафиолетовыми лучами в большей степени может быть автоматизирована; эксплуатация их проще и безопаснее, чем хлорного хозяйства. К недостаткам можно отнести отсутствие бактерицидного действия в мутных водах, а также эффекта «последействия». В настоящее время для обеззараживания воды применяются установки с погружными и непогружными лампами (табл. 4.15 и 4.16). Продолжительность эксплуатации ламп, гарантируемая заводами, составляет не менее 1500 ч.

Основным типом обеззараживающей установки, применяемой на городских водопроводах, является ОВ-АКХ-1 с лампами ПРК-7. На малых водопроводах производительностью до 20—

Таблица 4.15. Характеристика ртутно-кварцевых ламп

Тип	Напряжение, В	Максимальный пусковой ток, А	Характеристика при установившемся режиме	
			напряжение, В	мощность, Вт
ПРК-2	120	6	120±6	375±13
ПРК-4	120	5	70±5	220±8
ПРК-5	220	4,2	120±6	240±11
ПРК-7	220	14	135±6	1000±40

Примечания: 1. Лампы ПРК-2, ПРК-4 и ПРК-5 могут работать на постоянном и переменном токе. 2. Лампа ПРК-7 работает только на переменном токе.

Таблица 4.16. Характеристика аргонортутных ламп

Тип ламп	Напряжение, В		Ток в лампе, А	Мощность ламп, Вт
	в сети	в лампе		
БуВ-15	127	57	0,3	15
БуВ-30	220	110	0,32	30
БуВ-30П	127	46	0,6	30

30 м³/ч применяются бактерицидные установки типа НВ-1П и ОВ-3Н с аргонортутными лампами низкого давления БуВ-30 и БуВ-60П. Условия пуска, наладки, возможные неисправности и способы их ликвидации приводятся в паспортах к этим установкам.

Для сохранения прозрачности кварцевых цилиндрических чехлов периодически (1—2 раза в месяц) поверхность их необходимо очищать от осадка, выпадающего из воды. За состоянием чехла как при эксплуатации, так и при очистке стекла наблюдают через верхнее смотровое окно. Чехлы очищают в процессе работы установки, отключая последовательно отдельные секции камеры. Качество облучения контролируется обычными бактериологическими анализами.

Ультразвуковые волны с малой длиной и частотой более 20 000 Гц активируют процессы окисления и вызывают в некоторых случаях коагуляцию белков. Бактерицидное действие ультразвуковых колебаний возрастает с увеличением интенсивности ультразвукового поля и продолжительности воздействия его на воду. Недостатком этого способа обеззараживания является сложность создания достаточно мощных генераторов ультразвуковых колебаний, которые действуют более эффективно на крупные клетки и многоклеточные организмы, чем на бактерии, гибель которых является основной целью обеззараживания.

§ 4.12. Стабилизация, фторирование и обесфторирование воды

Стабильность состава воды определяется не реже четырех раз в год: зимой, весной, летом и осенью. Дозы реагентов устанавливаются по результатам лабораторного анализа. При отсутствии анализов они определяются по формулам, приведенным в СНиП 2.04.02—84. В качестве реагентов для стабилизации состава воды с целью устранения углекислотой агрессивности применяются едкий натр, сода, известь, мел или мрамор. Расход реагентов на связывание 1 мг углекислоты составляет:

вид реагента	NaOH	CaO	Мел, мрамор	$CaCO_3$, Na_2CO_3
расход реагента на связывание 1 мг агрессивной CO_2, мг	0,9	0,45	2,26	1,7

При применении для стабилизации воды извести, мела и мрамора повышается общая жесткость воды. Неточная дозировка едкого натра, извести и соды может привести к резкому повышению pH, что отразится на ходе коагуляции. При введении растворов этих реагентов в смеситель возможно повышение цветности обрабатываемой воды за счет того, что при повышении pH усиливается окраска гуминовых веществ.

Для стабилизации очищенной воды, кроме введения растворов реагентов после отстойников или фильтров, могут применяться комбинированные фильтры, составленные из обычной песчаной загрузки и слоя мраморной крошки высотой до 400 мм с крупностью зерен 1—3 мм (фильтр Л. А. Кульского и И. Т. Барановского). Применение карбонатных пород обеспечивает более спокойное протекание процесса стабилизации, так как при этом не наблюдается резкого повышения pH при колебаниях дозировок. Если в воде содержится железо, то его нужно удалить до подачи воды на фильтры, иначе мраморная крошка будет покрываться пленкой соединений железа, не смываемой при промывке фильтров.

В процессе стабилизационной обработки воды необходимо осуществлять контроль за образованием на стенках труб защитной карбонатной пленки. Для этого выделяются контрольные (отключаемые) доступные для осмотра участки трубопроводов.

Дозы для фторирования воды в каждом отдельном случае назначаются органами Госсаннадзора. Обычно требуемое содержание фтора в питьевой воде в условиях умеренного климата составляет 0,9—1,5 мг/л, в условиях жаркого климата — 0,6—0,8 мг/л. Применяемые реагенты, места введения и дозы определяются согласно СНиП 2.04.02—84.

Склад фторсодержащих реагентов и фтораторная должны располагаться рядом в закрытом помещении. Складское помещение может совмещаться с фтораторной; при этом должна быть предусмотрена общеобменная вентиляция. Содержание фтора в воздухе помещения фтораторной не должно превышать 1 мг/м^3. Помещения фтораторной и склада следует изолировать от других помещений. Фторсодержащие соединения являются токсичными соединениями, поэтому рабочие должны обеспечиваться спецодеждой (комбинезонами, кирзовыми сапогами, резиновыми перчатками, фартуками, защитными очками, респираторами); после работы с фторсодержащими реагентами следует принимать теплый душ и мыться с мылом, рот перед едой и после работы надо тщательно полоскать. В помещении фтораторной не разрешаются прием пищи и курение. Нельзя допускать к работе лиц с ожогами, потрескавшейся или раздраженной кожей.

Обесфторирование воды производится при содержании в ней фтора более 1,5 мг/л. Удаление фтора из воды осуществляется на очистных сооружениях, в состав которых входят вертикальные смесители, осветлители со слоем взвешенного фильтра и скорые фильтры разной конструкции. Сложность эксплуатации комплекса

сооружений заключается в разнообразии применяемых реагентов и соответственно реагентного хозяйства (аппаратура и оборудование для приготовления и дозирования известкового молока, сульфата алюминия, сульфата магния или хлористого магния и хлора). Хлор может вводиться дважды: перед поступлением известкового молока для разрушения защитных коллоидов и для обесцвечивания воды и затем в резервуар чистой воды для ее обеззараживания.

При эксплуатации осветлителей со слоем взвешенного фильтра необходимо учитывать, что хлопья гидроокиси магния легкие, поэтому скорости восходящего потока воды не должны превышать 0,2—0,3 мм/с. Дозы реагентов уточняются в период пуска и наладки станции, а также и во время эксплуатации.

При использовании для хозяйственно-питьевого водоснабжения подземных вод, не нуждающихся в осветлении и обесцвечивании, обесфторирование целесообразно производить на сорбционных фильтрах, в основе которых лежат процессы ионного обмена. В качестве ионообменных веществ применяются сильнокислотные катиониты, сильноосновные аниониты, магнезиальные сорбенты, фосфат кальция, специально обработанные активированные угли, активированная окись алюминия, гидроксилапатит и др. Перед загрузкой сорбента в фильтры необходио определять его рабочую обменную емкость по фтору. Сорбционные фильтры могут быть напорными и открытыми.

§ 4.13. Сооружения по удалению из воды железа, марганца и кремния

При эксплуатации сооружений, применяемых для обезжелезивания воды, необходимо следить: за полнотой процесса удаления из воды CO_2 и насыщения ее кислородом (при аэрации воды); за высотой слоев насадки, числом их и размерами кусков насадки в контактных и вентиляторных градирнях; за временем пребывания воды в сборных и контактных резервуарах (оптимальное — 30—60 мин); за оптимальным значением pH, при котором наиболее интенсивно протекают процессы гидролиза, окисления и хлопьеобразования железосодержащих веществ; за состоянием отверстий в дренажных системах фильтров. Чтобы улучшить отмывку верхнего слоя песка в фильтрах от задержанных железистых загрязнений, следует предусмотреть устройство для поверхностной промывки или продувки фильтрующего слоя воздухом.

Один раз в год следует отбирать пробы фильтрующего материала для определения загрязненности. Не реже двух раз в год желательно проверять убыль загрузки фильтров путем измерения расстояния до кромки желобов. При значительных потерях эти материалы догружают, предварительно удалив на 3—5 см загрязненный слой.

Использование для обезжелезивания катионитов целесообразно в тех случаях, когда одновременно с обезжелезиванием требуется и умягчение воды. При этом необходимо учитывать следующее: на катионитах может быть задержано железо, находящееся только в ионной форме; попадание воздуха в воду должно быть исключено, так как в противном случае образуется нерастворимый гидрат окиси железа. Железо, присутствующее в воде в виде органических комплексов и коллоидной гидроокиси, оказывает отрицательное действие на катионит, вызывая снижение обменной емкости.

Марганец по своим свойствам приближается к железу, поэтому для удаления его применяются те же способы и сооружения, что и для удаления железа.

Обескремнивание воды достигается переводом соединений кремнекислоты в коллоидные соединения с последующей ее коагуляцией и осаждением взвесей. Обескремнивание осуществляется реагентным и анионитовым способами. В качестве реагентов используются известь, соли железа ($FeSO_4$, $FeCl_3$ и др.), соли алюминия [$Al_2(SO_4)_3$, $NaAlO_2$, $Mg(AlO_2)_2$], гидроокись магния, обожженный доломит, каустический магнезит, гранулированная окись магния, магнезиальный сорбент (ВНИИ ВОДГЕО) и др. Процесс образования коллоидов гидроокиси кремния и их коагулирование значительно ускоряются при повышении pH до 8,5—10 и температуры воды до 90—95 °С.

Для обескремнивания воды анионитами применяются сильно- и среднеосновные аниониты в ОН-форме; применение слабоосновных анионитов возможно при предварительном превращении слабой кремниевой кислоты в сильную кремнефтористую кислоту.

Пуск, наладка и эксплуатация реагентного хозяйства, смесителей, отстойников и фильтров при удалении из воды железа, марганца и кремния производятся в основном по правилам, изложенным в § 4.1—4.6.

Глава II. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ ЗА РАБОТОЙ СООРУЖЕНИЙ И ПОВЫШЕНИЕ ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ

§ 4.14. Подготовка воды на сооружениях

На водоподготовительных станциях любого назначения необходимо предусматривать установку приборов с целью контроля: расхода воды, поступающей на станцию; обработанной и чистой, подаваемой в резервуары; поступающей на каждое водоочистное сооружение (отстойники, осветлители со взвешенным слоем, фильтры и КО, катионитовые и анионитовые фильтры и т. п.); поступающей на промывку фильтров; подаваемой в сеть водопотребителей (насосной станцией II подъема); подаваемой

на собственные нужды станции (от трубопровода насосной станции II подъема);

уровня воды в отстойниках, фильтрах, а также в резервуарах чистой воды, промывных баках, реагентных баках;

потерь напора в фильтрах и отдельных участках трубопроводов;

давлений на всасывающих и напорных линиях;

автоматического дозирования вводимых в воду реагентов;

качества воды, поступающей на станцию, обработанной после сооружений, подаваемой потребителям.

Производственный контроль может быть местным и централизованным. Он должен обеспечивать нормальный ход технологического процесса и своевременно оповещать об изменениях качества исходной и обработанной воды. Контроль осуществляется круглосуточно и разделяется: на гидравлический, предусматривающий наблюдение за уровнем воды в смесителе, камере хлопьеобразования, отстойниках, фильтрах, контактных осветлителях и резервуарах, контроль за расходами воды на станции I и II подъемов; химико-бактериологический и гидробиологический, осуществляемые лабораторией водоподготовительной станции (за проведение анализов отвечает заведующий лабораторией станции); технологический, осуществляемый дежурным по станции под наблюдением главного инженера или начальника станции и включающий контроль за своевременной заготовкой растворов реагентов, их концентрацией и подачей в сооружения станции, а также за работой всех сооружений, включая хлораторные и аммонизаторные.

Перечень химико-бактериологических и гидробиологических анализов, осуществляемых в лаборатории станции, приведен в табл. 4.17. График лабораторно-производственного контроля качества воды устанавливается в зависимости от местных условий.

Контрольные замеры, обходы и наблюдения за работой сооружений осуществляются в определенные сроки, устанавливаемые эксплуатационными инструкциями (см. табл. 4.2). Производственный контроль необходим для поддержания нормального технологического процесса работы станции и принятия в ходе эксплуатации оперативных решений, которые, не в ущерб качественным и количественным показателям воды, дают экономический эффект. Наиболее эффективными средствами снижения стоимости обработки воды на станциях являются снижение расхода ее на собственные нужды и уменьшение количества реагентов, используемых для обработки воды.

Уменьшить расходы воды на собственные нужды можно повторным использованием при осветлении и обесцвечивании воды промывных вод после фильтров (с подачей их после отстаивания на смесители или на повторную промывку фильтров). Вопрос повторного использования промывных вод должен решаться одновременно с утилизацией осадка, образующегося в отстойных резервуарах, отстойниках и осветлителях: промывкой фильтров

Таблица 4.17. Ориентировочный график лабораторно-производственного контроля качества воды

Наименование проб воды	Место отбора проб	Периодичность отбора проб	Определяемые показатели	Состав исполнителей
Исходная вода	Перед смесителем	1 раз в 2 ч	Прозрачность (мутность), цветность, щелочность	Сменный лаборант
		1 раз в смену	Температура, запах, привкус	То же
		1 раз в сутки	Окисляемость, аммиачный азот, нитриты, нитраты, общее железо, pH, хлориды, общее число бактерий, колн-титр	Старшнй лаборант
		1 раз в месяц	Окись кальция, общая жесткость, сульфаты, сероводород, свободная и агрессивная углекислота, свииец, фосфаты, йод, фенол, растворенный кислород, окись магния, фтор, кремний, БПК, марганец, калий и натрий, медь, цинк, сухой остаток, взвешенные вещества, мышьяк, ароматические углеводороды, нефтепродукты	Старший лаборант и частично заведующий лабораторией (при выполненни наиболее сложных анализов)
		1 раз в месяц и чаще (в зависимости от изменения состава воды)	Пробные коагулирование и хлорирование	Сменный и старший лаборанты
		По особому плану	Радиологнческий анализ	То же
Коагулированная вода	В конце смесителя	Через 1—2 ч при постоянных дозах реагента и через 0,5—1 ч при изменениях доз	Щелочиость, pH, остаточный хлор	Сменный лаборант
Осветленная вода	На выходе из каждого осветлителя	2 раза в смеиу	Прозрачность (мутность), цветность, щелочность	То же
	Общий коллектор осветленной воды	1 раз в смену	Прозрачность (мутность), цветность	Сменный и старший лаборанты

Осветленная вода	Общий коллектор осветленной воды	1 раз в сутки	Запах, щелочность, pH, коли-титр, общее количество бактерий, остаточный хлор	Сменный и старший лабораиты
Профильтрованная вода	После каждого фильтра и в общем коллекторе	Через каждые 4 ч и чаще по мере ухудшения качества воды или изменения доз реагентов	Прозрачность (мутность), цветность, остаточный хлор, запах	Сменный лаборант
		1 раз в смеиу	Окисляемость, общее число бактерий, коли-титр	Старший лаборант
Очищеииая вода	После резервуара чистой воды	Через 1 ч	Остаточный хлор	Сменный лабораит
		Через 2 ч	Прозрачность, цветность, щелочиость, запах, привкус	То же
		1 раз в смеиу	Температура	»
		1 раз в сутки	Общее железо, pH, окисляемость, общий счет бактернй, коли-титр, хлориды, аммиачиый азот, нитраты, иатриты	Старший лаборант
		1 раз в месяц	Окись кальция, сульфаты, свииец, фосфаты, растворенный кислород, окись магния, фтор, кремний, БПК, калий и иатрий, медь, цинк, мышьяк, углекислота, сухой остаток	То же
		По особому плану	Радиологический аиализ	Старший лаборант

Примечания: 1. Пробы на остаточный хлор в смесителе и после фильтров берутся после предварительного хлорирования. 2. Анализ поступающих на станцию реагентов и контроль над приготовлением и дозировкой их растворов включаются в ориентировочный график самостоятельным пунктом.

с использованием воздушной продувки фильтрующей загрузки, что позволяет снизить интенсивность подачи промывной воды и улучшить условия отделения шлама от загрузки; использованием для взрыхления ионитовых фильтров промывных вод; применением для регенерации ионитовых фильтров I ступени в многоступенчатых установках регенерационных растворов после использования их в фильтрах II и III ступеней.

Снижение расхода воды в пределах станции может быть достигнуто: постоянным контролем за состоянием арматуры (ликвидация протечек в сальниках); систематическим наблюдением за бетонными стенками резервуаров, отстойников и фильтров (и немедленным принятием мер при малейшем нарушении целостности стенок); контролем за напорными линиями в пределах станции и ликвидацией возможных утечек в кратчайшие сроки; исключением переливов воды в сооружениях (в открытых смесителях или др.).

Расходы реагентов на станциях можно снизить путем точной дозировки их в полном соответствии с качеством поступающей на очистку воды или использованием прерывистого коагулирования при осветлении и обесцвечивании воды.

В ходе эксплуатации водопроводных очистных сооружений нередко возникает необходимость в повышении производительности станции при сохранении неизменными размеров станций и сооружений. Накопленный опыт позволяет дать рекомендации по повышению эффективности работы отдельных сооружений и устройств.

§ 4.15. Приготовление растворов и режимы коагуляции

Основными факторами, влияющими на время приготовления растворов коагулянта, являются высокая температура растворителя (табл. 4.18), конструктивное совершенство системы перемешивания растворов и состояние растворяемого вещества (мелкораздробленный порошок или жидкий продукт).

Интенсификация процессов коагулирования может осуществляться двумя путями: внесением в обрабатываемую воду дополнительных реагентов — флокулянтов, окислителей, регуляторов величины pH, новых коагулирующих веществ, а также применением различных вариантов электрохимической коагуляции; осуществлением наиболее рациональных способов введения коагулянтов в воду — прерывистого коагулирования, концентрированного коагулирования и фракционного коагулирования, рециркуляции коагулированной взвеси через зону ввода свежих порций коагулянта и совмещения коагулирования химическими реагентами с физическими методами коагуляции — электрическим и магнитным полями, ультразвуком, вибрацией и т. д.

Прерывистая коагуляция может проводиться как для двухступенчатых, так и для одноступенчатых схем подготовки воды.

Таблица 4.18. Растворимость реагентов, применяемых при очистке воды

Температура воды, °С	Растворимость реагентов, кг/м³								
	$Al_2(SO_4)_3$	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	$FeSO_4$	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	$FeCl_3$	Na_2CO_3	NaOH	NaCl	$Ca(OH)_2$
0	312	608	156	284	744	70	420	357	1,85
10	335	650	205	374	818	125	515	358	1,76
20	364	703	265	485	919	215	1090	360	1,65
40	457	890	402	733	1100	485	1290	366	1,41
60	592	1148	485	902	—	464	1740	373	1,16
80	771	1420	—	—	5250	458	—	384	0,94
100	890	1725	—	—	5370	455	3470	398	0,77

Оптимальные условия прерывистой коагуляции следует определять в каждом конкретном случае опытным путем с учетом местных условий. Интервалы времени между включением и выключением (или снижением дозы) подачи коагулянта, а также величина необходимых доз зависят от принятой схемы обработки, состава и свойств исходной воды. Прерывистое коагулирование может осуществляться подачей реагента то в оптимальной (расчетной), то в резко уменьшенной (дефицитной) дозе или путем прекращения подачи вообще. Время чередования доз и прекращеиия подачи реагента может быть самым разнообразным. Если подача происходит в течение 20—40 мин, то перерыв в подаче реагента (или в подаче дефицитной дозы) может быть равен времени подачи (при наличии в системе очистки осветлителей со слоем взвешенного фильтра или контактных осветлителей) или сокращен до 5—10 мин (в системах с отстойниками).

Чтобы решить вопрос о целесообразности прерывистого коагулирования для одноступенчатых схем очистки воды, следует знать: при обработке цветных вод болотного происхождения, богатых органическими примесями, режим прерывистого коагулирования эффективен лишь до цветности 40—45 град.; для речных вод со значительным содержанием взвешенных веществ и легкоустранимой цветностью (частично минерального происхождения), что характерно для паводковых вод, границы применения прерывистого коагулирования расширяются до цветности 100 град.; при прерывистом коагулировании имеет место уменьшение грязевой нагрузки на КО, которая может достигать 18—35 % по сравнению с режимом обычного коагулирования, а это ведет к уменьшению требуемого количества промывной воды на 15—20%.

Осуществление прерывистого коагулирования может дать экономию коагулянта в количестве 20—45 %. Важным условием

быстрого и полного растворения порошкообразного коагулянта является обеспечение необходимого перемешивания растворителя. Для этого в практике водоподготовки в СССР принято подавать в растворитель воздух. Необходимый эффект может быть получен, если скорость выхода воздуха из отверстий воздухораспределительной системы будет не меньше 30 м/с.

При концентрированной коагуляции используется положение, что скорость любой реакции прямо пропорциональна концентрации реагирующих веществ. Сущность способа заключается в том, что полная расчетная доза коагулянта (или несколько уменьшенная) подается только в часть обрабатываемой воды (50—60 % общего расхода воды). Растворение коагулянта только в части воды повышает его начальную концентрацию, создавая тем самым оптимальные условия коагуляции и ускоряя процесс хлопьеобразования.

После перемешивания обработанной реагентом воды с необработанной процесс протекает в среде с готовыми первичными хлопьями, которые служат центрами коагуляции. Вся среда представляет собой полидисперсную систему с искусственно сдвинутым началом хлопьеобразования. Одновременно усиливается и адсорбция веществ, обусловливающих цветность воды, на поверхности образующихся хлопьев.

При фракционном коагулировании ввод расчетного количества коагулянта осуществляется порциями: 3/4 расчетной дозы коагулянта вводится предварительно, а 1/4 — через 2—3 мин; к фракционному коагулированию относится и коагулирование воды различными коагулянтами в разных соотношениях.

§ 4.16. Повышение эффективности работы сооружений

Смесительные устройства. Система подачи воды и реагентов в смеситель должна обеспечивать равномерное распределение и смешение воды с реагентами по всей глубине и площади смесителя за расчетное время. Не менее важным обстоятельством при смешивании их является правильный выбор точек ввода реагентов и соблюдение необходимого разрыва между введением отдельных реагентов в разные сезоны года.

Камеры хлопьеобразования. Важным условием нормальной работы камер является правильный выбор скоростей движения воды. При малых скоростях может произойти оседание образующихся хлопьев, при больших — их разрушение. Эффект хлопьеобразования и повышение прочности хлопьев могут быть достигнуты при введении в камеру хлопьеобразования флокулянтов.

Отстойники и осветлители со слоем взвешенного фильтра. Увеличение скоростей движения воды в сооружениях, а следовательно, повышение производительности последних может быть достигнуто путем ускорения осаждения хлопьев в результате

укрупнения и утяжеления их при введении в отстойник флокулянтов (ПАА или АКК). Образование в отстойниках плотного осадка способствует увеличению продолжительности работы сооружений без продувки. Эффективность работы отстойников и осветлителей со слоем взвешенного фильтра может быть повышена путем введения в обрабатываемую воду (в смеситель или перед смесителем) вместе с коагулянтом шлама, взятого из отстойников или осветлителей. Дозы шлама зависят от местных условий и могут колебаться в широких пределах (100—500 мг/л). Данный способ обработки воды может быть рекомендован для маломутных цветных вод.

Скорые фильтры и контактные осветлители. Интенсификация работы фильтров и КО может идти по линии увеличения грязеемкости фильтрующей загрузки и скорости фильтрования. Повышение этих параметров возможно при использовании многослойных фильтров, новых материалов (обладающих высокой адсорбционной способностью) в качестве фильтрующих загрузок, флокулянтов для подготовки воды, крупнозернистых загрузок, электрического поля при фильтрации воды.

Для устройства многослойных фильтров применяют материалы, имеющие различные плотности. Слои фильтрующей загрузки располагают таким образом, чтобы верхние слои состояли из более крупных зерен меньшей плотности, чем нижние. Для верхних фильтрующих слоев применяют дробленый антрацит и керамзит, «горелые породы», гранулы полистирола, полиэтилена и другие естественные и искусственные материалы неорганического и органического происхождения, а для нижних слоев — кварцевый песок, магнетит, магнитный железняк и др.

При использовании многослойных фильтров загрязнения более равномерно располагаются по высоте загрузки, что приводит к увеличению грязеемкости и продолжительности фильтроциклов.

В качестве новых фильтрующих материалов (табл. 4.19), внедряемых в настоящее время в практику подготовки воды хозяйственно-питьевого назначения, можно назвать керамзит, «горелые породы» и вулканический шлак. Так, например, при применении дробленого керамзита по сравнению с кварцевым песком потери напора сокращаются в 2,5—3,5 раза, пористость его увеличивается в 1,85—2 раза, а коэффициент формы зерен — в 1,75—4,2 раза. Все эти данные создают более благоприятные условия

Таблица 4.19. Характеристика новых фильтрующих материалов

Материалы	Плотность, г/см³	Объемная масса, кг/м³	Пористость, %	Коэффициент формы зерна
Керамзит дробленный	1,2—1,5	350—500	58—61	1,7—2,5
Керамзит недоброленый	1,7—1,8	700—800	45	1,29
«Горелые породы»	2,4—2,5	1500—1800	52	2,00
Вулканический шлак «Мастара»	1,7	750	64	2,23

для задержания загрязнений в фильтрующей загрузке из дробленого керамзита и позволяют увеличивать производительность фильтров в 1,8—2,3 раза, а длительность фильтроцикла — в 2,5—3,5 раза.

«Горелые породы» по сравнению с кварцевым песком обладают бо́льшими пористостью (на 16—20 %) и грязеемкостью (в 1,5—2 раза). При их использовании в фильтрующей загрузке на промывку фильтров требуется в 1,5—2 раза меньший расход воды, при этом продолжительность фильтроцикла увеличивается.

Скорость фильтрования и продолжительность фильтроцикла зависят не только от мутности поступающей на фильтр воды и характеристик фильтрующей загрузки, но и от прочности образующихся хлопьев. Введение в воду флокулянтов утяжеляет и уплотняет хлопья загрязнений, что способствует улучшению процесса задержания взвеси.

Глубина проникания взвеси в толщу фильтрующего слоя возрастает с увеличением диаметра его зерен и скорости фильтрования. Поскольку потери напора с уменьшением диаметра зерен и увеличением скорости фильтрования возрастают, в практике водоподготовки наметилась тенденция к применению более крупных зерен при одновременном увеличении высоты фильтрующего слоя, что позволяет повысить скорость фильтрования, не допуская увеличения мутности фильтрата.

Раздел пятый *

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ

Глава I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

§ 5.1. Организация эксплуатации канализационной сети

При эксплуатации канализационной сети следует руководствоваться «Правилами технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест», утвержденными Министерством жилищно-коммунального хозяйства РСФСР.

Эксплуатация наружной канализационной сети в городах и рабочих поселках осуществляется специальными районами или участками в составе управлений водопроводно-канализационного хозяйства или соответствующих отделов при городских и поселковых коммунальных органах. На промышленных предприятиях эксплуатацию канализационной сети осуществляют специальные службы, входящие обычно в состав отдела главного энергетика или главного механика. Каждый район может обслуживать сеть протяженностью до 1000 км. В состав района могут входить производственные участки, обслуживающие сеть протяженностью до 100—150 км (табл. 5.1).

Для городов с сетью канализации протяженностью 200 км и больше общее количество рабочих и служащих, занятых на эксплуатации канализационных сетей, можно определять из расчета один человек на 3—4 км сети в зависимости от характера сети, сложности ее эксплуатации и т. д. При эксплуатационных районах организуется местный диспетчерский пункт (МДП) с круглосуточным дежурством, а в крупных городах, в случае необходимости, — еще и центральный диспетчерский пункт (ЦДП) при управлениях водопроводно-канализационных хозяйств. Схема организации крупного эксплуатационного района представлена на рис. 5.1.

В табл. 5.2 дается примерный перечень машин и механизмов, требуемых для обслуживания эксплуатационным районом канализационной сети протяженностью 800—1000 км с минимальными уклонами. При больших уклонах сети потребное количество машин и механизмов может быть уменьшено.

---

* Раздел написан при участии М. В. Молокова, В. Т. Шаповалова.

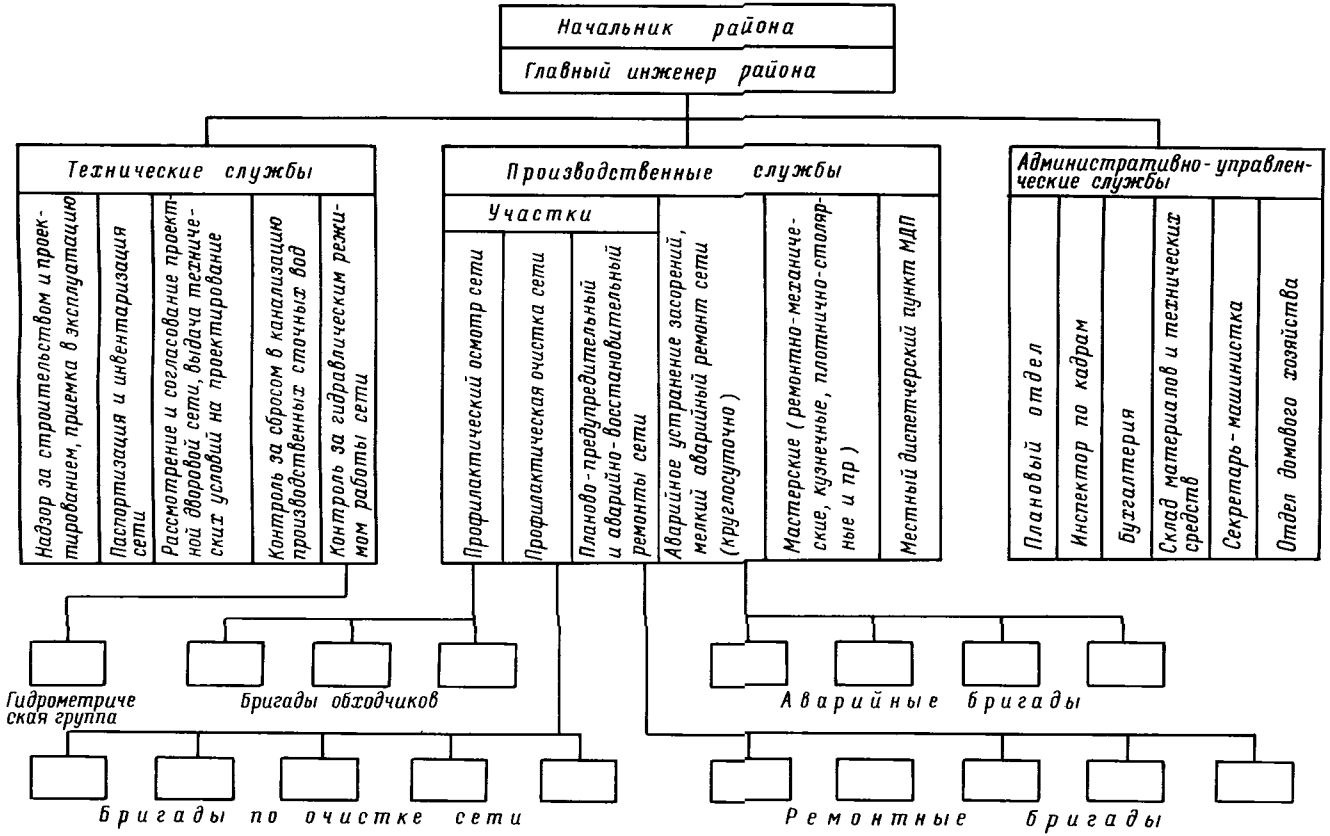


Рис. 5.1. Схема организации эксплуатационного района

Таблица 5.1. Нормативы численности рабочих по обслуживанию канализационной сети

Протяженность канализационной сети, км, до	Численность рабочих, человек	Протяженность канализационной сети, км, до	Численность рабочих, человек	Протяженность канализационной сети, км, до	Численность рабочих, человек
12	3,0	150	24,9	330	46,6
15	3,7	160	26,0	340	47,8
20	4,9	170	27,3	350	48,9
25	6,2	180	28,6	360	50,0
30	7,4	190	29,8	370	51,2
35	8,6	200	31,1	380	52,3
40	9,9	210	32,4	390	53,5
45	11,1	220	33,6	400	54,6
50	12,4	230	34,9	410	55,7
60	13,6	240	36,2	420	56,9
70	14,8	250	37,5	430	58,0
80	16,0	260	38,6	440	59,1
90	17,2	270	39,8	450	60,3
100	18,4	280	40,9	460	61,4
110	19,7	290	42,1	470	62,6
120	20,9	300	43,2	480	63,7
130	22,2	310	44,3	490	64,9
140	23,5	320	45,5	500	66,0

Примечания: 1. При протяженности сети свыше 500 км на каждый последующий километр сети добавляется норматив 0,07 человек. 2—3. Примечания те же, что и в табл. 3.10. 4. Нормативы численности могут быть при необходимости и при соответствующем обосновании увеличены.

Таблица 5.2. Ориентировочная потребность в машинах, необходимых для обслуживания эксплуатационного района с протяженностью сети (бытовой, дождевой, общесплавной) 800—1000 км, уложенной с минимальными уклонами

Наименование машин и механизмов	Количество, шт.	Продолжительность работы, смена	Назначение
Самосвалы с краном-укосиной грузоподъемностью 0,5—1 т	4	1	Перевозка осадков, материалов, оборудования, приборов
Бортовые грузовые машины с краном-укосиной грузоподъемностью 0,5—1 т	3	1	То же
Автокраи грузоподъемностью 6 т	1	1	Погрузка и разгрузка материалов
Аварийные машины-фургоны	3	Круглосуточно	Ликвидация аварий и засорений
Водоотливные насосы:			
на автомобильном ходу	1	То же	То же
прицепные	3	»	»
Машины для очистки сетей гидродинамическим способом типов:			Очистка и промывка сети диаметром до 500 мм
КО-504	6—8	2 *	
КО-502Б	3—4		

Продолжение табл. 5.2

Наименование машин и механизмов	Количество, шт.	Продолжительность работы, смена	Назначение
Механизированные лебедки на автомобильном ходу в комплекте с прицепной лебедкой	5—6	1	Очистка сети диаметром 500 мм и выше
Машины вакуумные типов:			Очистка осадочной части смотровых колодцев бытовой, преимущественно дворовой, сети
КАО-505А	2	2	
КАО-503Б	3—4	2	
Илососы типов:			Очистка осадочной части дождеприемных колодцев
КО-507	2—3	2 *	
ИЛ-980	3—5	2	
Микроавтобусы	2	1,5	Перевозка приборов, материалов, оборудования и обслуживание гидрометрической группы
Легковая машина	1	1,5	Руководство и контроль за эксплуатацией сети

* Сезонная работа при температуре наружного воздуха не ниже —1 ÷ —2 °С.

Кроме перечисленных в таблице, в районе должны быть дежурные механизмы: экскаваторы-бульдозеры, компрессоры, водоотливной насос большой производительности, а также рекомендуется иметь одну-две телевизионные установки для контроля за состоянием внутренних поверхностей канализационных труб.

§ 5.2. Общие требования к пользованию канализацией

В городскую канализационную сеть отводятся бытовые, дождевые и производственные сточные воды. Вопрос о спуске производственных сточных вод должен решаться в каждом конкретном случае управлением городской канализации совместно с местными органами санитарного надзора.

1. Прием производственных сточных вод в городскую канализацию разрешается с соблюдением требований, предусмотренных «Правилами приема производственных сточных вод в системы канализации населенных мест», утвержденными приказом Министерства ЖКХ РСФСР от 02.03.84.

Сущность требований, изложенных в указанных правилах, при совместном отведении и очистке производственных и бытовых сточных вод населенных мест сводятся к тому, что они не должны:

содержать примеси и вещества, которые могут засорять трубы, отлагаться на их дне и стенах;

оказывать разрушающее (коррозирующее) действие на материал труб и элементы сооружений канализации;

содержать горючие примеси (бензин, нефть и др.) и растворенные газообразные вещества, способные образовывать взрывоопасные смеси в трубах и сооружениях, оказывать вредное влияние на здоровье рабочих, обслуживающих канализационные сети;

содержать вредные вещества в концентрациях, препятствующих биологической очистке сточных вод;

иметь температуру выше 40 °С;

содержать вещества, для которых не установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) в воде водоемов соответствующего вида пользования;

содержать более 500 мг/л взвешенных и всплывающих веществ;

содержать только минеральные загрязнения;

содержать опасные бактериальные загрязнения (бактерии сибирской язвы, сапа и др.), а также радиоактивные вещества;

содержать нерастворенные масла, а также смолы и мазут;

содержать биологически жесткие ПАВ.

2. Не допускается спуск в городскую канализацию промышленных сточных вод, у которых ХПК превышает $БПК_{полн}$ более чем в 1,5 раза.

3. Не допускается спуск в городскую канализацию концентрированных маточных и кубовых растворов, а также промышленных сточных вод, загрязненных в процессе производства.

4. Присоединение производственной канализации каждого предприятия к уличной или внутриквартальной городской канализационной сети должно осуществляться самостоятельным выпуском с устройством на нем контрольного колодца, размещаемого за пределами предприятия.

5. Не допускается объединение одним выпуском производственных сточных вод нескольких предприятий.

6. В системе, отводящей производственные сточные воды в городскую канализацию, должны быть предусмотрены расходомеры и устройства для учета количества сбрасываемых сточных вод и в целях отбора проб воды для производства анализов.

7. При резких колебаниях количества и состава производственных сточных вод по часам суток, а также возможных залповых сбросах сильно концентрированных сточных вод на предприятиях необходимо устраивать специальные емкости-усреднители, обеспечивающие равномерный выпуск производственных сточных вод в городскую канализацию.

8. Производственные сточные воды, содержащие вещества, не удаляемые на городских очистных сооружениях, и вещества, для которых в настоящее время отсутствуют данные об эффек-

тивности их удаления, должны подвергаться на промышленных предприятиях локальной очистке до концентрации, которая, с учетом разбавления в городской канализации и водоеме, обеспечит в пунктах водопользования качество воды, соответствующее требованиям «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами». При этом концентрация веществ в смеси производственных и бытовых сточных вод, поступающих на очистные сооружения, не должна быть выше допустимой для биологической очистки.*

9. Условия приема в городскую канализацию производственных сточных вод, содержащих загрязнения, удаляемые на городских очистных сооружениях, должны определяться с учетом: степени разбавления производственных стоков при поступлении в городскую канализацию; эффективности удаления загрязнения производственных сточных вод на городских очистных сооружениях; условий разбавления очищенных городских сточных вод в водном объекте, согласованных в установленном порядке с органами по регулированию использования и охраны вод Министерства мелиорации и водного хозяйства, санитарно-эпидемиологической службы и рыбоохраны.

10. Нечистоты и помои из неканализованных районов перевозятся ассенизационным транспортом на сливные станции и пункты, где они в 2—3 раза разбавляются водой, пропускаются через решетки и песколовки и только после этого сплавляются в канализационную сеть. Использование канализации для сплава домового мусора в настоящее время не практикуется. Как правило, домовый мусор обрабатывается на специальных мусороперерабатывающих заводах.

Сплав в канализационную снега, пролежавшего более двух суток, а также убираемого с территории дворов и с крыш, не допускается. Через канализационные сети можно сплавлять снег, сбрасываемый через специальные шахты. Скорость течения сточных вод в коллекторах при сплаве снега не должна быть меньше 1,1—1,2 м/с. При сбросе снега непосредственно с самосвалов или плугами глубина потока сточной воды должна быть не меньше 0,7 м и составлять не больше 0,6 диаметра трубы.

Количество снега, которое можно сбросить в канализацию, определяется по формуле

$$A = [3600Q\,(t_н - t_к)]/(80 - 0{,}5t_с + t_к), \qquad (5.1)$$

где Q — расход сточных вод, м³/с; $t_н$ и $t_к$ — температура сточных вод до и после снегосплава, °С; $t_с$ — температура снега, °С.

Снижение температуры сточных вод после снегосплава до 8 °С может привести к уменьшению эффективности биологической очистки. Не разрешается сброс снега перед дюкерами, насосными станциями и перепадами в виде стояков.

---

* Правила приема производственных сточных вод в системы канализации населенных мест. М.: ОНТИ АКХ, 1985.

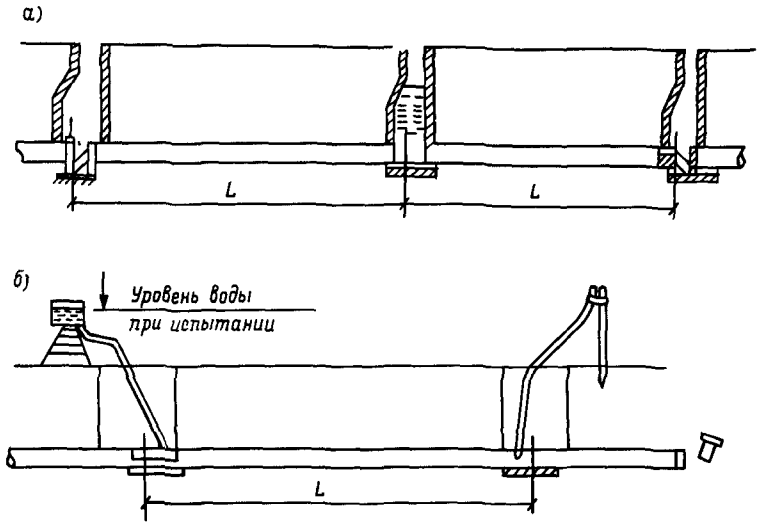


Рис. 5.2. Гидравлическое испытание канализационных линий на утечку воды из трубопровода
а — после устройства колодцев; *б* — до устройства колодцев

§ 5.3. Технический надзор за строительством и приемка канализационных сетей в эксплуатацию

Канализационные сети строятся по согласованной и утвержденной проектно-сметной документации при наличии разрешения местного Совета на производство работ и в соответствии с разбивкой в натуре, выполненной геослужбой.

Технический надзор за строительством осуществляется заказчиком (отделом капитального строительства или службой технадзора) и проектной организацией. При техническом надзоре за строительством, реконструкцией и капитальным ремонтом канализационных сетей следует руководствоваться *СНиП 3.05.04—85.*

При приемке законченных строительством канализационных сетей заказчик предъявляет государственной комиссии (см. СНиП III-3—81) следующие документы:

исполнительные чертежи на построенные сооружения;

акты на разбивку сооружений в натуре;

акты на скрытые и специальные работы (основание под трубы, заделка стыков, обмазка битумом, сварочные и другие работы);

согласования на все изменения проекта (с заказчиком и автором проекта);

акты на гидравлические испытания (на эксфильтрацию и инфильтрацию, рис. 5.2);

паспорта на трубы, стройматериалы и детали;

Таблица 5.3. Допустимая величина поступления или утечки воды через стыки и стенки трубопроводов

Условный диаметр трубопровода D_y, мм	Допустимый объем добавлеиной в трубопровод воды (приток воды) на 10 м длины испытываемого трубопровода за время испытания 30 мин для труб, л			Условный диаметр трубопровода D_y, мм	Допустимый объем добавлеиной в трубопровод воды (приток воды) на 10 м длины испытываемого трубопровода за время испытания 30 мин для труб, л		
	железобетонных и бетонных	керамических	асбестоцементных		железобетонных и бетонных	керамических	асбестоцементных
100	1,0	1,0	0,3	400	6,7	4,2	2,2
150	1,4	1,4	0,5	450	—	4,4	—
200	4,2	2,4	1,4	500	7,5	4,6	—
250	5,0	3,0	—	550	—	4,8	—
300	5,4	3,6	1,8	600	8,3	5,0	—
350	6,2	4,0	—				

Примечания: 1. При увеличении продолжительности испытания более 30 мин величину допустимого объема добавленной воды (притока воды) следует увеличивать пропорционально увеличению продолжительности испытания. 2. Величину допустимого объема добавленной воды (притока воды) в железобетонный трубопровод диаметром свыше 600 мм за время испытания 30 мин можно определить по формуле $q = 0{,}83\,(D + 4)$ л, где D — внутренний (условный) диаметр трубопровода, дм. 3. Для железобетонных трубопроводов со стыковыми соединениями на резиновых уплотнителях допустимый объем добавленной воды (приток воды) следует принимать с коэффициентом 0,7. 4. Допустимые объемы добавленной воды (приток воды) через стенки и днище колодца на 1 м его глубины следует принимать равными допустимому объему добавленной воды (притоку воды) на 1 м длины труб, диаметр которых равновелик по площади внутреннему диаметру колодца. 5. Допустимый объем добавленной воды (приток воды) в трубопровод, сооружаемый из сборных железобетонных элементов и блоков, следует принимать таким же, как для трубопроводов из железобетонных труб, равновеликих по площади поперечного сечения.

справку от эксплуатирующей организации о сроках ликвидации недоделок и дефектов.

При приемке канализации особое внимание следует обратить:

а) на качество основания под трубы и заделку стыков между ними по всей окружности стыка (фиксируется в акте на скрытые работы);

б) на проверку прямолинейности укладки труб на свет между двумя смежными колодцами. Допускается отклонение от круга, видимого при просмотре трубопровода, не более 1/4 диаметра по горизонтали, но не более 50 мм в каждую сторону (СНиП 3.05.04—85). Отклонение от правильной формы круга по вертикали не допускается. Осмотр стыков и внутренних поверхностей труб диаметром 200—1000 мм рекомендуется производить телевизионными установками;

в) на гидравлические испытания трубопроводов (СНиП 3.05.04—85). Испытываются трубопроводы на утечку воды из них по количеству долитой в бак воды за 30 мин в пересчете на 1 км в сутки (см. рис. 5.2), а также на инфильтрацию (попадание грунтовых вод в трубы и колодцы при высоком уровне грунтовых вод) визуально по замеру потока воды в трубе. Результаты гидравлических испытаний сравниваются с данными табл. 5.3 (СНиП 3.05.04—85).

Глава II. ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ И СООРУЖЕНИЙ НА НЕЙ

§ 5.4. Наблюдение за канализационной сетью. Наружный и технический осмотр сети. Состав бригад по осмотру сети

Наблюдение за техническим состоянием сети включает в себя работы, приведенные ниже.

Наружный осмотр сети выполняется одним-двумя обходчиками или слесарями. Цель осмотра — выявление дефектных люков и горловин колодцев, просадок грунта по оси трассы и у колодцев, наличия координатных табличек. Периодичность осмотра — один раз в 2 месяца.

В обязанности обходчиков входит восстановление старых закрашенных координатных табличек (рис. 5.3), которые наносятся на ближайшие к колодцам стены домов, столбы или устанавливаются на специальных столбиках у колодцев. Фон координатной таблички — белый, цифры — черные, буквы могут быть разного цвета, особенно при наличии двух и более сетей канализации. В кружке на рисунке могут быть приведены следующие обозначения: С (смотровой колодец), Д (дождеприемный колодец), К (контрольный колодец), Ш (шахта), БС (буровая скважина), КД (камера дюкера).

Технический осмотр канализационной сети выполняется 1—2 раза в год бригадой из трех слесарей. Цель обследования — выявление повреждений на сети (состояния люков, скоб, лотков), наличия инфильтрации, степени наполнения труб, необходимости прочистки и ремонта сети.

Технический осмотр основных магистралей, ливнеспусков, скважин и других присоединений к тоннельным коллекторам, дюкеров и аварийных выпусков выполняется бригадой из пяти—семи слесарей в зависимости от сложности объекта и в соответствии с графиком, составленным главным инженером службы. В результате осмотра составляются дефектная ведомость и сметы на текущий и капитальный ремонты или графики на прочистку сетей.

Осмотр внутренних полостей канализационных труб диаметром 200—1200 мм может выполняться телевизионными установками на автоходу (производства иностранных фирм). Отечественные телеустановки подобного вида еще не производятся. Для проведения

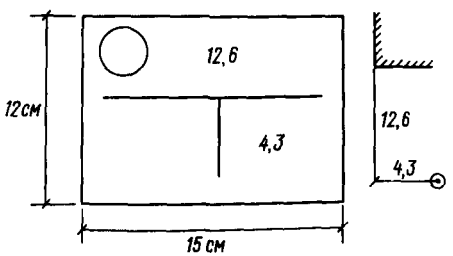


Рис. 5.3. Координатные таблички для канализационных колодцев

осмотра необходима бригада из трех слесарей, телеоператор, шофер и комплект оборудования для протяжки телекамеры на расстояние до 100 м.

Осмотр глубоко заложенных тоннельных коллекторов диаметром 1200—4500 мм выполняется комплектом оборудования, например типа ГФ-6 фирмы «Ибак» (ФРГ), изготовленным по заказу Ленинградского управления «Водоканал». В комплект входят: телеустановка ГФ-6 на автоходу, электролебедка с 2-километровым тросом на специальном автоприцепе. Кроме того, для нормальной работы бригады необходима еще одна автомашина-фургон с генератором и радиостанцией. Телеустановка также радиофицирована. Обслуживание комплекса производится бригадой из семи слесарей, двух операторов и двух шоферов.

При инструментальной проверке канализационных сетей и сооружений геофизическими методами возможно эффективно и достоверно решать следующие задачи:

определение пустот в грунтах, вмещающих сети и тоннельные коллекторы, а также зон разуплотнения грунтов на различных глубинах;

обследование технического состояния канализационных железобетонных трубопроводов с целью выявления дефектов и разрушений;

определение мест течей из различных трубопроводов и сооружений;

дефектоскопия сетей, тоннелей и других сооружений;

определение уровня осадка в трубах и тоннельных коллекторах;

поиск местоположения различного вида трубопроводов;

поиск засыпанных грунтом или заасфальтированных крышек люков колодцев, шахт, буровых скважин.

По опыту работы геофизического участка Ленинградского управления «Водоканал», для выполнения перечисленных выше работ следует применять следующие методы: электроразведочные, каротажные, сейсморазведочные.

При электроразведочных методах применяется электроразведочная бесконтактная аппаратура ДЭМП-14 (обнаружение ослабленных зон и пустот в грунте, скрытых мест утечки из водопроводных труб и резервуаров, поиск засыпанных грунтом и заасфальтированных крышек люков).

При каротажных методах используются каротажные станции СКВ-69, СК-1/69 с различными специальными зондами (выявление дефектов в трубах канализации, определение уровня донных осадков в трубах).

При сейсморазведочных методах применяются сейсморазведочные станции «Поиск 1-6/12-АСМ-ОВ» СМОВ-0-24 и 24-канальная сейсморазведочная коса с сейсмоприемниками СВ-2-30 (обнаружение ослабленных зон и пустот

в грунте). По всем перечисленным методам, кроме стандартного применения, используется новая технология и методика проведения работ, разработанная работниками Ленинградского управления «Водоканал». Методика обработки геофизического материала, т. е. интерпретация (техническое заключение), также отличается от стандартных способов интерпретации геофизических материалов.

Все работы по наблюдению за канализационной сетью должны производиться в соответствии с нормативами [21, 22].

§ 5.5. Измерение расхода жидкости в канализационных коллекторах *

Наиболее приемлемым способом определения расхода сточной жидкости в канализационных коллекторах является метод, разработанный ВНИИ ВОДГЕО [5, 9, 19, 24], основанный на измерении уровня воды в поперечном сечении канала. Данный метод обеспечивает необходимую точность измерений при соблюдении следующих условий:

поток в канале является или может быть принят практически установившимся;

расход плавно изменяется;

режим течения спокойный (волны перемещения отсутствуют);

движение жидкости равномерное (влияния подпора или спада практически нет);

минимальный диаметр коллектора 0,2 м;

минимальное наполнение $h \geqslant 0{,}1$ м;

в период измерений дно и стенки канала не подвержены заилению или обрастанию.

Метод измерения расхода в каналах по величине их наполнения может быть реализован двумя способами:

путем использования градуировочной характеристики, т. е. зависимости расхода от наполнения канала, полученной при предварительной градуировке измерительного сечения канала на всем диапазоне изменения расхода;

путем использования градуировочной характеристики, полученной в результате измерения расхода и наполнения канала в одной-двух точках диапазона измерений.

Выбор способа зависит от требуемой точности, величины расхода, назначения и типа канала, удобства градуировки измерительного сечения и других условий. Наиболее точным и трудоемким является первый способ. Второй способ сочетает достаточно высокую точность с небольшим объемом работ по градуировке и вследствие этого является в большинстве случаев оптимальным.

---

* Написано при участии канд. техн. наук А. В. Благонравова.

Равномерное установившееся течение жидкости в сечении прямолинейного канала описывается формулой

$$Q = A\omega R^{2/3}, \tag{5.2}$$

где $\omega = f_1(h)$; $R = f_2(h)$; A — множитель, объединяющий постоянные для данного сечения канала величины.

Множитель A следует определять экспериментально, измерив расход Q и наполнение канала h:

$$A = Q/(\omega R^{2/3}). \tag{5.3}$$

Значение A при нескольких измерениях расхода и наполнении канала следует определять как среднее арифметическое.

Для определения значения $Q_п$ в данном сечении полученную величину A следует подставить в уравнение (5.2) при значениях $h_п$, соответствующих полному наполнению канала. При известной величине $Q_п$ значение Q для различных наполнений h/d можно определить с помощью таблиц или графиков по формуле

$$Q = kQ_п. \tag{5.4}$$

Требования к измерительному сечению зависят от принятого способа определения расхода. Если измерительное сечение задано, то применительно к нему следует назначить способ измерения расхода.

Если расход измеряется по первому способу, т. е. при помощи градуировочной кривой, составленной по экспериментальным данным, во всем диапазоне измеряемых расходов, то измерительное сечение выбирается так, чтобы на поверхности жидкости не было местных возмущений, вызываемых поворотами потока, перепадами и т. п., из-за которых градуировочная кривая менялась бы во времени.

При измерении расхода по второму способу, т. е. при помощи градуировочных кривых, построенных по одному-двум экспериментально определенным значениям A, измерительное сечение следует помещать на прямолинейном участке канала, расположенном на расстоянии $(40 \div 50)\,h$ от перепада, поворота, присоединений ветви канала и других возмущений потока. Ниже измерительного сечения длина прямого участка должна быть, как правило, не менее $(10 \div 12)\,h$.

В измерительном сечении не должно быть местных выступов, закладных деталей и других предметов, вызывающих искажение уровня за счет местных возмущений потока. Для измерения уровня при проведении кратковременных измерений применяются простейшие средства измерения — водомерные рейки.

Для систематических измерений следует применять емкостные (ЭИУ-2) пневмометрические или ультразвуковые уровнемеры. Датчики емкостных или ультразвуковых уровнемеров устанавливаются в колодцах на сети и закрепляются либо к лестнице, либо к ограждению на все время измерений. Сигнал с предварительно оттарированных датчиков уровня выводится на вторичный само-

пишущий прибор, регистрирующий изменение уровня на диаграммной ленте. Вторичный прибор (самописец КСП-4) устанавливается в будке в непосредственной близости от колодца. Для работы датчиков и вторичных приборов будка должна быть электрифицирована и снабжена отопительными приборами.

Полученные данные обрабатываются, составляется таблица изменения уровней в течение всего времени измерений. Далее по градуировочному графику находят значение расхода. Градуировка измерительного сечения проводится с целью получения зависимости $Q = f(h/d)$.

Скорость следует измерять при помощи гидрометрических вертушек, электромагнитных измерителей скорости или же просто поплавком. Гидрометрические вертушки пригодны для измерения скорости в каналах шириной 0,5 м и более. Измерение скорости поплавком производится следующим способом. На участке, где проводятся измерения, выбираются два колодца, в один из которых бросается поплавок, и включается секундомер. Когда поплавок проходит створ второго колодца, секундомер выключается. Зная время T, за которое поплавок прошел между двумя колодцами, и расстояние L между ними, можно вычислить скорость потока

$$v_{\text{п}} = L/T \tag{5.5}$$

и среднюю скорость потока

$$v_{\text{ср}} = 0{,}88 v_{\text{п}}. \tag{5.6}$$

Расход следует вычислять как произведение средней скорости $v_{\text{ср}}$ на площадь поперечного сечения ω:

$$Q = v_{\text{ср}}\omega. \tag{5.7}$$

Вертушка ГР-99 закрепляется на штанге и устанавливается в канале, в зависимости от его наполнения, для измерения максимальной скорости потока.

По исследованиям [8] зависимость между средней скоростью потока и максимальной при наполнениях $h/d \leqslant 0{,}5$ выражается формулой

$$\frac{v_{\text{ср}}}{v_{\max}} = \frac{h^2}{6\omega}\left(1 - \frac{\omega}{2}\right)\sqrt{\frac{1}{a} - 1}\left(3 + 7\left(\frac{1}{2a}\sqrt{1 - a - a^2} - \frac{1}{2a} + 1\right)\right)^{1+2m} \tag{5.8}$$

где $v_{\max}$ — максимальная скорость потока; a — отношение h/d; $m = 1/3\sqrt{\lambda}$; λ — коэффициент трения трубы.

При наполнении $0{,}5 < h/d \leqslant 1$ отношение средней скорости потока к максимальной следует определять по ГОСТ 8.361—79 в зависимости от коэффициента гидравлического трения λ:

λ	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
k_v	0,875	0,84	0,80	0,77	0,74	0,713

Таблица 5.4. Значения отношения средней скорости потока к максимальной в зависимости от диаметра трубопровода (d) и наполнения (Q)

$Q = h/d$	Диаметр d, м									
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
0,1	0,817	0,829	0,838	0,845	0,850	0,854	0,857	0,860	0,863	0,867
0,2	0,818	0,830	0,838	0,844	0,849	0,853	0,856	0,859	0,862	0,866
0,3	0,815	0,827	0,835	0,841	0,846	0,850	0,852	0,856	0,858	0,862
0,4	0,808	0,820	0,827	0,832	0,837	0,841	0,844	0,846	0,849	0,852
0,5	0,795	0,805	0,812	0,817	0,821	0,824	0,828	0,830	0,832	0,836

$Q = h/d$	Диаметр d, м										
	1,5	1,8	2,0	2,4	2,5	2,8	3,0	3,2	3,5	4,0	4,8
0,1	0,873	0,877	0,880	0,883	0,884	0,887	0,888	0,890	0,892	0,894	0,898
0,2	0,872	0,875	0,878	0,881	0,882	0,885	0,886	0,887	0,889	0,892	0,895
0,3	0,867	0,870	0,873	0,876	0,878	0,880	0,881	0,882	0,884	0,886	0,889
0,4	0,857	0,861	0,863	0,866	0,867	0,870	0,870	0,872	0,873	0,875	0,878
0,5	0,840	0,843	0,843	0,848	0,850	0,851	0,850	0,853	0,855	0,857	0,860

При наполнении $h/d < 0,5$ максимальная скорость измеряется в непосредственной близости от поверхности потока, а при $h/d > 0,5$ — в центре потока. Для удобства расчета средней скорости составлен пересчет максимальной скорости в среднюю в зависимости от диаметра трубопровода и его наполнения (табл. 5.4).

Площадь живого сечения для круглых коллекторов определяется по формуле

$$\omega = \frac{d^2}{8}(\varphi - \sin\varphi), \qquad (5.9)$$

где

$$\varphi = 4 \operatorname{arctg} \sqrt{h/(d-h)}.$$

По полученным данным строится градуировочная зависимость для этого канала: $Q = f(h)$.

Расход сточных вод в коллекторе определяется косвенным путем по известной глубине потока в сечении канала, где производилась градуировка.

Расход жидкости при полном наполнении ($h = d$) вычисляется по зависимости:

$$Q_п = 0,312 A_{ср} d^{8/3},$$

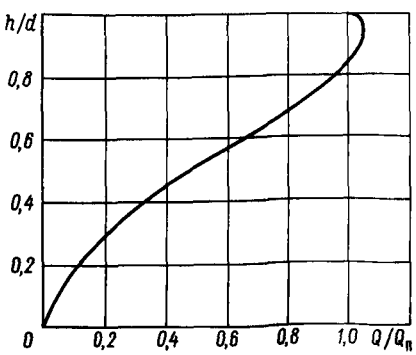


Рис. 5.4. График зависимости относительного наполнения от относительного расхода

Таблица 5.5. Измененне расходов сточных вод в коллекторе

по ул.. . . . . .
Створ измерения . . . . . .

Часы суток	Глубина потока жидкости, м	Расход сточных вод, м³/ч	Часы суток	Глубиина потока жидкости, м	Расход сточных вод, м³/ч
0—1			12—13		
. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
11—12			23—00		

Суточный расход . . . . . .
Коэффицнент неравномерности . . . . . .

где $A_{ср}$ — среднее значение множителя, входящего в формулу для вычисления расхода (эта величина находится при градуировке измерительного сечения).

По графику, приведенному на рис. 5.4, по известной относительной глубине h/d находится отношение расходов: $k = Q/Q_п$. По найденной величине k и известному значению $Q_п$ находится расход при данном наполнении:

$$Q = kQ_п. \qquad (5.10)$$

Для определения суточного расхода сточных вод, протекающих по данному коллектору, необходимо измерение уровня сточных вод круглосуточно, с максимальной дискретностью измерений в 1 ч. Это возможно только с помощью самопишущих приборов или других автоматически действующих средств измерения. Результаты измерений и расчетов сведены в табл. 5.5.

§ 5.6. Профилактическая прочистка канализационных сетей

Непостоянство гидравлического режима в канализационных сетях, неблагоприятный рельеф и случайное попадание в трубы не транспортируемых сточной водой предметов вызывает необходимость профилактической прочистки сети. В большинстве городов только часть сети не нуждается в ней. Периодичность прочистки зависит от местных условий и колеблется от 1 раза в несколько лет до 2—3 раз в год. В дождевых сетях часто наблюдается накопление осадка в сезоны года, характеризуемые слабыми дождями, а в общесплавных коллекторах — также в засушливые и холодные; при ливнях, а иногда при весеннем снеготаянии осадок частично или полностью вымывается.

Профилактическая прочистка производится гидродинамическим, гидравлическим или механическим способами.

Таблица 5.6. Машины для гидродинамнческой прочистки канализационных сетей

Наименование показателей	КО-502	КО-504
Тип базового шасси	ЗИЛ-130	КамАЗ-53213
Производительность насоса, л/с	2,8	3,5
Максимальное давление на выходе из насоса, МПа	10	16
Вместимость цистерны, м³	4,7	9,5
Длина рукава высокого давления, м	100	100
Условный проход рукава, мм	25	25

Гидродинамическая прочистка заключается в размыве и выносе осадка струей воды, подаваемой под большим напором непосредственно в трубу по шлангу от специальных машин. Шланг с реактивным насадком, имеющим несколько отверстий, обращенных назад под углом 15—45° к оси, заводится в низовой смотровой колодец прочищаемого участка. После включения высоконапорного насоса благодаря создаваемой струями реактивной силе насадок вместе со шлангом, сматываемым с барабана, быстро продвигается вперед, взмучивая осадок. Когда насадок пройдет один-два интервала между колодцами, включается привод барабана, который наматывает шланг обратно. Движущийся насадок мощными струями воды смывает уже взмученный осадок. Гидродинамическая прочистка наиболее прогрессивна, так как позволяет полностью механизировать работу.

Машины для гидродинамической прочистки изготавливаются Арзамасским заводом коммунального машиностроения и выпускаются с комплектом насадок пяти типов. Основные технические показатели этих машин приведены в табл. 5.6.

Гидродинамическим способом прочищаются бытовые, дождевые и общесплавные канализационные сети при диаметре труб от 150 до 500—600 мм.

Гидравлическая прочистка основывается на размывающей и транспортирующей способности потока сточной или привозной воды. Созданный тем или иным путем поток с повышенными скоростями размывает и транспортирует осадок вниз по течению.

Для гидравлической прочистки плавающими снарядами применяются надувные резиновые шары, заключенные в брезентовую камеру, деревянные сплошные, деревянные или металлические полые цилиндры (табл. 5.7). Полые цилиндры частично (на 1/2—2/3 объема) заполняются водой для уменьшения плавучести. Для сдерживания плавучих снарядов используются ручные лебедки (табл. 5.7). Необходимое тяговое усилие лебедки может быть определено по формуле (кН)

$$G = 10 d^2 H, \qquad (5.11)$$

Таблица 5.7. Характеристнка основного оборудования для гидравлнческой прочистки канализацнонной сети

Диаметр трубы, см	Диаметр резиновых шаров, см	Цилиндры деревянные сплошные		Цилиндры полые		Лебедки	
		Диаметр, см	Длина без скобы, см	Диаметр, см	Длиия, см	Тяговое усилие (при подпоре до 2 м), кН	Диаметр троса, мм
15	13	13	17	—	—	1	5—6
20	18	18	22	—	—	1,5	5—6
25	22—23	22—23	27	—	—	3	5—6
30	27—28	27—28	32	27—28	25—30	3	5—6
40	36—37	—	—	36—37	35—40	5	8—10
50	45—47	—	—	45—47	40—45	5	10—12
60	54—56	—	—	54—56	50—55	7,5	10—12
70	—	—	—	64—65	60—65	10	12—14
80	—	—	—	72—75	70—75	15	12—14
90	—	—	—	81—84	75—80	20	12—14
100	—	—	—	90—93	85—90	20	14—16

где d — диаметр цилиндра, м; H — возможный напор за цилиндром над его осью, м.

Гидравлическая прочистка шарами и цилиндрами применяется на бытовых и общесплавных канализационных сетях при расходах в них, близких к расчетным, и умеренной засоренности. При диаметре труб 1000 мм и больше иногда применяют самоходные тяжелые снаряды, которые представляют собой смонтированный на тележке щит, закрывающий нижнюю часть трубы примерно на 2/3 по высоте. В верхней и нижней части щита делается водосливной вырез с подвижным прикрывающим его затвором. Такие щиты самостоятельно медленно продвигаются по трубе (скорость 50—150 м/сут); непрерывного наблюдения за ними не требуется.

Домовые присоединения, соединительные трубы от дождеприемников и другие трубопроводы диаметром до 250—300 мм могут прочищаться при помощи поливомоечных машин. Вода по шлангу подается низконапорным насосом таких машин в трубу у дождеприемника или смотрового колодца, размывает и выносит осадок.

Иногда находит применение промывка бытовой сети сточной водой. В смотровом колодце ставится пробка. В расположенном выше участке сети скапливается сточная вода, создается подпор. Затем пробка убирается, и поток сточной воды с повышеиной скоростью течения промывает трубу. Такой способ промывки целесообразен при немелком заложении сети и больших расходах сточных вод.

Таблица 5.8. Ковшовые снаряды ЛНИИ АКХ

Внутренний диаметр, мм	Ширина, мм	Длина корпуса, мм	Общая длина со скобами, мм	Толщина листовой стали корпуса, мм	Вместимость, л	Масса, кг
210	262	450	835	3,0	14	13,9
300	384	600	1125	3,0	35	25,5
400	486	800	1465	3,5	75	42,3
480	550	832	1528	4,0	100	57,9

При механической прочистке удаление осадка производится путем его сгребания к смотровому колодцу и подъема на поверхность земли. Для механической прочистки употребляются различные сдвигающие осадок снаряды, из которых наиболее удобны снаряды ковшового типа, позволяющие сразу же поднимать осадок на поверхность земли. В ЛНИИ АКХ им. К. Д. Памфилова разработаны ковшовые снаряды с автоматически закрывающимися и раскрывающимися створками (табл. 5.8).

При механической прочистке труб для протаскивания снарядов применяются механические или ручные лебедки. В настоящее время в нашей стране лебедки централизованно не изготовляются. В некоторых городах производственные управления водопроводно-канализационного хозяйства изготовляют для своих нужд лебедки с двигателями внутреннего сгорания. В ЛНИИ АКХ им. К. Д. Памфилова была разработаиа лебедка, монтируемая на шасси ГАЗ-51, с двигателем УД-25Г, усилием на канате 15 кН и скоростью движения каната до 24 м/мин. Извлекаемый из труб осадок складывается в специальные контейнеры (конструкция разработана в ЛНИИ АКХ им. К. Д. Памфилова) вместимостью 260 л (820×820×465 мм), приспособленные для вывоза на контейнерной мусоровозной машине КММ-2.

Производительность профилактической прочистки канализационной сети колеблется в значительных пределах и зависит от многих факторов. В табл. 5.9 даны средние нормы обслуживания канализационной сети, принятые в Ленинграде.

Очистка дождеприемников производится илососами различных отстойных емкостей, вакуум-машинами. Основные технические показатели подобных машин, выпускаемых Арзамасским заводом коммунального машиностроения, приведены в табл. 5.10. Производительность илососов зависит главным образом от дальности вывоза осадка, а также от засоренности дождеприемников. Обычно за смену очищается 15—30 дождеприемников. При отсутствии илососов дождеприемники чистят вручную черпаками с погрузкой извлекаемого осадка в специальные контейнеры, аналогичные по конструкции применяемым для механической прочистки труб.

Таблица 5.9. Нормы обслуживания канализационной сети по ленинградскому управлению «Водоканал»

Наименование работ	Нормы обслуживания на 1 человека в день за 8 часов			Нормы времени на единицу обслуживания			Квалификация рабочих, разряды	Количество рабочих
	единица измерения	летом	зимой	единица измерения	летом	зимой		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Работы по наблюдению за сетями								
Наружный осмотр сети	км	8,0	—	км	1,0		Слесарь IV	1
Технический осмотр сети с опусканием в колодцы	»	1,07	—	»	7,5		Слесарь V Слесарь IV	1 1
Технический осмотр шахт, скважин, задвижек, шиберов, ливнеспусков	скважина	0,8	—	скважина	10		Слесарь V	5
Маркировка сооружений	марка	25	—	марка	0,32		Слесарь IV	2
Очистка труб общесплавной и дождевой сети								
Очистка высоконапорной машиной без выемки осадка из труб:								
$D = 0{,}200 \div 0{,}375$	м	170	—	км	47		Механик V Слесарь V	1 1
$D = 0{,}40 \div 0{,}50$	»	120	—	»	66,7		Механик V Слесарь V	1 1
То же, с выемкой осадка из труб:								
$D = 0{,}20 \div 0{,}375$	»	120	—	»	66,7		Механик V Слесарь V	1 1
$D = 0{,}40 \div 0{,}50$	»	90	—	»	89		Механик V Слесарь V	1 1

Продолжение табл. 5.9

Наименование работ	Нормы обслуживания на 1 человека в день за 8 часов			Нормы времени на единицу обслуживания			Квалификация рабочих, разряды	Количество рабочих
	единица измерения	летом	зимой	единица измерения	летом	зимой		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Очистка напориой машиной среднего давления без выемки осадка из труб								
$D = 0{,}25$	м	130	—	км	61		Механик V	1
							Слесарь V	1
$D = 0{,}30—0{,}40$	»	100	—	»	80		Механик V	1
							Слесарь V	1
То же, с выемкой осадка из труб								
$D = 0{,}25$	»	100	—	»	80		Механик V	1
							Слесарь V	2
$D = 0{,}30 \div 0{,}40$	»	80	—	»	100		Механик V	1
							Слесарь V	1
Промывка поливочной машиной без выемки осадка из труб $D = 0{,}15 \div 0{,}25$	»	120	—	»	66,6		Механик V	1
							Слесарь V	1
То же, с выемкой осадка из труб $D = 0{,}15—0{,}25$	»	68,5	—	»	116,6		Механик V	1
							Слесарь V	2
Промывка поливочной машиной без выемки осадка из труб $D = 0{,}3$	»	100	—	»	80		Механик V	1
							Слесарь V	1
То же, с выемкой осадка из труб $D = 0{,}3$	»	60	—	»	133,3		Механик V	1
							Слесарь V	2
Очистка деревянных труб мотолебедками	»	42,3	38,3	»	189	209	Механик V	1
							Слесарь V	2
Очистка деревяиных труб ручными лебедками	»	35	33	»	228	242	Механик V	1
							Слесарь V	2

Очистка бетонных труб $D =$ $= 0{,}4 \div 0{,}7$ мотолебедками	м	34,3	31,2	км	232	257	Механик V Слесарь V	1 2
То же, ручными лебедками	»	32	30	»	250	267	Механик V Слесарь V	1 2
Очистка бетонных труб $D =$ $= 0{,}8 \div 1{,}2$ мотолебедками	»	28,5	28,5	»	280	280	Механик V Слесарь V	1 2
То же, ручными лебедкамн	»	16,7	16,7	»	479	479	Механик V Слесарь V	1 2
Очистка бетонных труб фасонного сечения и труб до $D = 1{,}5$ мотолебедками	»	21	21	»	382	382	Механик V Слесарь V	1 2
Очистка бетоиных труб фасоиого сечения и труб до $D = 1{,}5$ ручными лебедками	»	10	—	»	800	—	Слесарь V Слесарь IV	1 2
Очистка колодцев илососом	шт., ($м^3$)	12 (6,0)	—		1—34 (2,61)	—	Механик V Слесарь V	1 1
То же, вручиую	$м^3$	5,3	—	$м^3$	1,5	—	Слесарь IV	1
Расчистка	»	4,0	—	»	2,0	—	Слесарь IV	1
Погрузка осадков механизмамн	»	10	—	»	0,8	—	Механик V Слесарь IV	1 1
То же, вручиую	»	5	—	»	1,6	—	Слесарь IV	1
Рыхление смерзшихся осадков	»	—	3,0	»	—	2,6	Слесарь IV	2

Продолжение табл. 5.9

Наименование работ	Нормы обслуживания на 1 человека в день за 8 часов			Нормы времени на единицу обслуживания			Квалификация рабочих, разряды	Количество рабочих
	единица измерения	летом	зимой	единица измерения	летом	зимой		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Очистка бытовой сети								
Промывка поливочной машиной:								
$D = 0{,}15 \div 0{,}25$	м	120	—	км	66,6	—	Механик V	1
							Слесарь V	1
$D = 0{,}3$	»	80	—	»	100	—	Механик V	1
							Слесарь V	1
Гидравлическая очистка труб:								
$D = 0{,}15 \div 0{,}25$	»	139	117	»	57,6	68,3	Слесарь V	2
$D = 0{,}3 \div 0{,}4$	»	94	85,6	»	85,3	93,0	Слесарь V	2
$D = 0{,}5 \div 0{,}7$	»	59	52,7	»	1,36	152,0	Слесарь V	1
							Слесарь IV	3
$D = 0{,}8 \div 1{,}0$	»	59	52,7	»	136	152,0	Слесарь V	1
							Слесарь IV	2
фасонного сечения	»	41	37,5	»	195	214,0	Слесарь V	2
							Слесарь IV	2
Текущий ремонт								
Ремонт бетонных колодцев	шт.	2,0	10	шт.	4,0	8,0	Слесарь IV	1
Регулировка высотного положения крышек	»	3,0	15	»	2,67	5,34	Слесарь V	2
Ремонт бетонных труб глубиной до 2 м	м	0,7	—	м	6,04	11,43	Слесарь V	4
То же, до 3 м	»	1,0	0,5	»	8,0	16,0	Слесарь V	4

Таблица 5.10. Техиические показатели вакуум-машии

Наименование показателей	Ил-980А	Ил-980В	КАО-503-Б	КАО-505-А	КО-507
Тип базового шасси	ЗИЛ-130	ЗИЛ-130-76	ГАЗ-53-12	КамАЗ-53213	КамАЗ-53213
Внутренний диаметр всасывающей трубы, мм	—	—	100	125	98
Вместимость цистерны, м³	2,6	3,2	3,6	10	6,7
Максимальная глубина всасываиия, м	4,0	4,5	4,0	3,5—4,5	—

§ 5.7. Устранение засорений канализационной сети

Устранить засорение можно следующим образом:

с помощью трубы диаметром $D = 18$ мм (на выходных трубах выгребных колодцев);

проволокой, гибким шлангом или палками-продвижками (с опусканием в колодец);

путем непосредственного разбора или разбивки засора вручную в местах присоединений к тоннельным коллекторам (с опусканием в шахту или скважину рабочих в гидрокостюмах или брезентовой спецодежде);

размывом или пробивкой засора с помощью поливочной машины, гидродинамических высоконапорных установок или компрессоров.

Аварийные бригады должны быть оснащены следующим специальным аварийным запасом оборудования, инструмента и инвентаря:

Противогазы	2
Спасательные пояса	4
Переносные лестницы	1
Ломы	2
Лопаты	4
Кувалды	2
Топоры	2
Пилы	1
Переносные электролампы с кабелем	2
Электрофонари	4
Веревки длиной, м	30
Сигнальные знаки	4
Щиты для ограждения работ, м	6
Ведра	3
Крышки для люков	3

Решетки	1
Сапоги резиновые с длиниыми голенищами, пара	2
Гидрокостюм	1
Брезентовый костюм	2
Проволока диаметром 6,5—7,0 мм марки У9А, м	30
Гибкий вал, м	60
Палки-продвижки дюралюминиевые	100
Труба металлическая $D = 18$ мм, м	4
Труба направляющая, м	6
Поливочная машина или высоконапорная установка (прицепная или на автоходу)	1
Аварийная машина с центробежным насосом и прицепным диафрагмовым насосом	1
Парообразователь Д-163-Б на автоходу	1
Каски	2

§ 5.8. Эксплуатация тоннельных коллекторов *

Особенности тоннельных коллекторов — большие глубины заложения и диаметры, крупногабаритные шахты с перепадными устройствами и водобоями в основании, высокая стоимость сооружений, повышенные требования к долговечности и др. — обусловливают необходимость поручать их эксплуатацию при протяженности коллекторов до 150—200 км специализированным службам районов, в составе которых имеются эксплуатационные участки, обслуживающие по 50—75 км сети.

Схема организации эксплуатационного района тоннельных коллекторов (РТК) примерно аналогична представленной на рис. 5.1. В составе РТК, помимо бригад обходчиков для профилактического и технического осмотра, планово-предупредительного и аварийного ремонтов, имеются еще бригады для устранения закупорок и засорений в стояках перепадных устройств, службы и бригады телевизионного и геофизического контроля.

Численность рабочих бригад составляет 6—13 человек в зависимости от глубины шахты, диаметра коллектора и характера выполняемых работ.

Основные профессии рабочих, необходимые при эксплуатации тоннельных коллекторов: слесари аварийно-восстановительных работ, электромонтеры, оператор-радиомеханик, слесарь по КИП, машинист лебедки, стропальщик.

Тоннельные коллекторы транспортируют, как правило, относительно большие количества сточных вод с самоочищающимися скоростями потока, поэтому осадки в них, как подтверждает опыт эксплуатации, не откладываются и необходимость очистки отпадает. Наряду с этим значительно повышается объем профилактических работ.

Наружный осмотр производится не реже 2 раз в месяц. Цель осмотра — проверить:

---

* Написано при участии инж. М. Б. Лившица.

наличие, состояние грузовых и людских люков шахт, плотность их прилегания;

правильность установки комплектов людского лаза и грузового люка на проезжей части и по вертикальной отметке;

наличие координатных табличек, правильность маркировки;

состояние поверхности земли в радиусе 25 м от сооружения и по линии тоннеля;

загазованность в верхней части шахт на CO_2 и CH_4 прибором ШИ-11;

работу ливнеспусков и аварийных выпусков в водоемы.

Технический осмотр шахт и буровых скважин производится не реже 2 раз в год. Цель осмотра — определить:

состояние горловины и людских лазов, лестниц, ограждений, решеток и закладных частей щитовых затворов, стояков, креплений стояков водоприемных и водобойных устройств, конструкций, где образуются быстротоки, стен, полков, банкетов, перегородок, рассечек тоннель — шахта, шахта — присоединение, шахта — штольня;

расход и состав сточной жидкости в присоединениях открытой сети к шахте (фиксируются дата, время, погодные условия);

осадок на полках, лестницах, ограждениях в тоннеле;

состояние гидравлического режима в тоннельном коллекторе при сплаве снега.

Для качественного технического осмотра сооружений перед его проведением необходимо произвести очистку и промывку всех элементов шахт и буровых скважин, причем количество рабочих, необходимых для выполнения этих работ, составляет от 4 до 12 человек в зависимости от сложности конструкций и глубины сооружений.

Технический осмотр тоннелей выполняется не реже 1 раза в 2 года и проводится бригадой от 7 до 11 человек в зависимости от глубины заложения коллектора под руководством двух инженерно-технических работников. Цель осмотра — определить:

состояние лотка тоннеля (истирание) и причины образования осадка в тоннеле;

состояние внутренней поверхности тоннеля, наличие механических разрушений, трещин, протечек, высолов;

состояние рассечек: тоннель — штольня, тоннель — шахта, тоннель — буровая скважина.

В процессе эксплуатации тоннельных коллекторов производятся: технический контроль за подключением открытой сети к сооружениям, проведением подземных работ над тоннелем и в непосредственной близости от него, сбросом снега из самосвалов в шахты во время снегосплава, строительством и ремонтом тоннелей и сооружений; ликвидация закупорок в перепадных устройствах, шахтах и буровых скважинах.

Для технического осмотра тоннельных коллекторов, производства их ремонта должны предусматриваться возможности:

прекращать транспортировку по ним сточных вод, для чего коллекторы должны быть закольцованы либо иметь дублеры; отключать присоединения канализационных сетей к шахтам и буровым скважинам; производить сброс через аварийные выпуски и ливнеспуски в водоем (при этом необходимо разрешение организаций по охране вод).

В случаях, когда невозможно исключить прекращение транспортировки по тоннельным коллекторам сточных вод, обследование технического состояния удобно осуществлять с помощью передвижной телевизионной установки.

Телекамера такой установки, укрепленная на передвижной тележке, вводится в коллектор и движется по нему, передавая изображение на телеэкран, установленный в кузове микроавтобуса, где также смонтирован пульт управления.

В Ленинграде с помощью телеустановки осмотрено около 50 % тоннельных коллекторов. Применение этого метода позволяет исключить контакт людей со сточной жидкостью, проследить динамику разрушения коллектора, составить дефектные ведомости на капитальный ремонт, своевременно произвести текущий или капитальный ремонт.

Возможности технического обследования тоннельных коллекторов телевизионной установкой ограничиваются при заполнении коллектора сточными водами более половины диаметра; кроме того, этим методом нельзя определить состояние лотка коллектора и других железобетонных конструкций. В этих случаях применяются геофизические методы дефектоскопии. С помощью каротажной станции СК-1-74 методами кавернометрии и термометрии определяются места притока грунтовых вод, оценивается объем этого притока, что позволяет прогнозировать места выноса грунта из затрубного пространства в коллектор, устанавливаются уровни донного осадка с последующим вычислением его объема и заполнением коллектора сточными водами.

С помощью сейсмостанции СМОВ-0-24, аппаратуры МАП-1 и электроразведочной аппаратуры ДЭМП-14 определяются зоны выноса грунта и пустоты над тоннельными коллекторами, размеры мульд оседания грунта за обделкой шахт и буровых скважин.

Двадцатипятилетний опыт эксплуатации тоннельных коллекторов в Ленинграде показал, что имеет место износ лотков, разрушение водоприемных устройств и водобоев шахтных перепадов, наличие течей в сводах коллекторов, разрушение железобетонных рубашек, коррозия ограждений, влияние состава сточных вод на конструкцию тоннеля, разрушающие действия газовой коррозии и пр. Выявленные в процессе эксплуатации конструктивные недостатки учитываются при разработке проектов на реконструкцию существующих и строительство новых тоннельных коллекторов.

Нормы на эксплуатацию шахт и буровых скважин тоннельных коллекторов (опыт Ленинграда) приведены в табл. 5.11.

Таблица 5.11. Временные нормы на эксплуатацию шахт и буровых скважин тоннельных коллекторов (РЭТК Ленинграда)

Наименование работ	Нормы обслуживания на 1 человека в день, шт		Нормативное время на единицу обслуживания, чел-ч		Квалификация	Количество рабочих
	летом	зимой	летом	зимой		
При глубине до 15 м						
Технический осмотр	0,2	0,18	40	44	Слесарь аварийно-восстановительных работ 5-го разряда	5
Техническое обслуживание	0,135	0,115	59	70	Электромонтер 6-го разряда	1
					Аккумуляторщик 5-го разряда	1
При глубине 15—20 м						
Технический осмотр	0,15	0,13	53	61	Слесарь аварийно-восстановительных работ 5-го разряда	6
Техническое обслуживание	0,095	0,083	84	96	Электромонтер 6-го разряда	1
					Аккумуляторщик 5-го разряда	1
При глубине 20—25 м						
Технический осмотр	0,11	0,09	78	89	Слесарь аварийно-восстановительных работ 5-го разряда	7
Техническое обслуживание	0,066	0,056	121	143	Электромонтер 5-го разряда	1
					Аккумуляторщик 5-го разряда	1
При глубине более 25 м						
Технический осмотр	0,08	0,07	100	114	Слесарь аварийно-восстановительных работ 5-го разряда	8
Техническое обслуживание	0,04	0,035	200	229	Электромонтер 5-го разряда	1
					Аккумуляторщик 5-го разряда	1

§ 5.9. Эксплуатация дюкеров

Эксплуатация дюкеров включает в себя следующие работы:

технический осмотр 1 раз в 2 месяца входной и выходной камер и камеры задвижек;

смазку и окраску затворов и шиберов и их замену (по мере необходимости);

прочистку дюкеров.

Прочистка дюкеров производится периодически в зависимости от гидравлического режима их работы. Для этого могут применяться резиновые или ледяные шары диаметром 0,6—0,9D дюкера. При прочистке резиновыми шарами работы производят в следующем порядке: пропускают по дюкеру тонкий трос с поплавком; протаскивают рабочий трос; прочищают дюкер резиновым шаром с передним и задним тросами при условии установки двух лебедок на входной и выходной камерах.

При прочистке ледяными шарами сначала запускают шар диаметром 0,6D, если он проходит свободно, то применяют шар диаметром 0,9D. Хороший эффект может дать также промывка дюкеров водой из реки.

§ 5.10. Планово-предупредительный ремонт

Ремонт сети может быть текущим и капитальным. Текущий ремонт включает: ликвидацию мелких повреждений (замену скоб, заделку свищей в колодцах, переборку горловин колодцев, регулировку высотного положения крышек и замену люков, ремонт подвижных частей шиберов и задвижек и т. п.). К капитальному ремонту относятся работы: выполняемые с вскрытием дорожных проездов; связанные с полным или частичным разрушением труб и колодцев и необходимостью полной или частичной замены разрушенных или засоренных сетей.

При возникновении опасности затопления территории выше ремонтируемого участка необходимо организовать постоянную перекачку сточных вод или перепуск их по самотечному лотку. Для более оперативной ликвидации аварий, связанных с восстановлением разрушенной канализации, следует иметь в составе аварийной бригады резерв численностью 3—4 рабочих, а также дополнительно следующие механизмы:

насос СД 800/32 на автоходу, шт.	1
автокомпрессор, шт.	1
экскаватор «Беларусь» с длинной стрелой, шт.	1
автокран 6-тонный, шт.	1
инвентарные крепления для траншей, м	30

Любые строительные работы на сетях следует выполнять с соблюдением «Правил техники безопасности при эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест».

§ 5.11. Учет работы сооружений. Ведение технической документации

Перечень технической документации приведен ниже.

1. Исполнительные чертежи на все действующие канализационные сооружения состоят из генплана в масштабе 1 : 500 и профилей канализации в масштабе 1 : 50. Эксплуатационная служба получает исполнительные чертежи от строительной организации при приемке в эксплуатацию сооружений.

2. Схемы канализации всего города или района на планшетах в масштабе 1 : 20 000 или 1 : 25 000.

3. Технические паспорта на все действующие сооружения по форме (форма прилагается).

Техинический паспорт

_____

(наименование эксплуатирующей организации)

_____

(адрес, место расположения сооружений)

Бытовая, дождевая, общесплавная

_____

(назначение сети подчеркнуть)

I. Общие сведения

Протяженность сети _____

Максимальный расход, м³/с:

в начале сети _____

в середине сети _____

в конце сети _____

Год постройки _____

Наименование проектной организации _____

Номер и шифр проекта, дата выпуска _____

Наименование строительной организации _____

Дата составления паспорта _____

II. Трубопроводы

Сооружения	Расстояние между колодцами, м	Форма труб	Диаметр трубы, м	Средняя глубина залегания трубы, м	Состояние трубы или коллектора

III. Дождеприемные колодцы

Год строительства	№ колодца	Расстояние между колодцами, м	Характеристика колодцев и камер					Состояние колодцев
			форма	материал	сечение, м	глубина, м	материал и тип решетки	

IV. Смотровые колодцы

Год строительства	№ колодцев	Расстояние между колодцами, м	Отметка лотка трубы	Характер колодцев и камер				Состояние колодцев
				форма	материал	сечение, м	глубина, м	

V. Техническая характеристика

Дата наблюдения	Объект	Скорость течения, м/с	Наличие постоянного расхода, м³/с	Максимальная пропускная способность, м³/с	Период и площадь затопления	Местоположение аварийных и затопляемых участков	Снегосплавные устройства

VI. Стоимостная характеристика

№ инвентарный	Адрес объекта	Год ввода	Техническая характеристика					Стоимость, руб.	Изиос	
			наименование	материал	диаметр	глубина заложения	количество		уменьшение	увеличение

VII. Сведения о дефектах

Дата осмотра	Местоположение	Характер дефекта	Длина поврежденного участка	Причина возникновения

VIII. Текущий ремонт

Годы	Трубопровод		Дождеприемный колодец		Смотровой колодец		Решетка и крышка люка	
	длина, м	стоимость, руб.	м³	стоимость, руб.	м³	стоимость, руб.	шт.	стоимость, руб.

IX. Капитальный ремонт

Работы	Участок ремонта	Дата производства работ	Объем работ	Стоимость, руб.

Раздел шестой

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Глава I. ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ГОРОДСКОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

§ 6.1. Условия работы очистных сооружений городской канализации

Эффективность очистки сточных вод городской канализации определяется условиями спуска загрязненных вод в водоемы. Городское канализационное хозяйство выступает в качестве основной организации, принимающей на отведение и очистку сточные воды предприятий промышленности и несущей всю полноту ответственности за сброс очищенной воды в водоемы. Такой принцип устанавливают «Правила приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов» [19]. Изложенные в «Правилах» положения относятся главным образом к полной раздельной системе канализования объекта, поскольку в них не установлены принципы расчета допустимых сбросов загрязнений в дождевых водах, не установлена степень загрязненности вредными компонентами части, перехватываемой городской канализационной сетью дождевых вод и той части, которая направляется в водоем, отсутствуют данные по расчету степени очистки дождевых вод в сооружениях по накоплению и очистке стоков.

При полной раздельной системе канализования поверхностный сток с территории промышленных площадок не допускается сбрасывать в городские сети. Этот поток должен отводиться в водоем самостоятельной сетью и очищаться до установленных нормативов [5]. В случае значительной загрязненности, серьезно влияющей на условия сброса сточных вод всех видов в данный водоем, к поверхностному стоку предъявляют такие же требования, как и к производственным сточным водам.

Допустимая концентрация вредных примесей устанавливается в следующей последовательности. По условиям сброса сточных вод в водоемы (см. «Методические указания по применению правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» [13]) определяется кратность разбавления очищенных стоков в водном объекте n. Затем определяется допустимая концентрация вредного компонента в очищенной воде:

$$C_{\text{оч}} = n - 1\,(C_{\text{п. д. к}} - C_{\text{р}}) + C_{\text{п. д. к}} \qquad (6.1)$$

В этом выражении $C_{\text{п. д. к}}$ и $C_{\text{р}}$ — предельно допустимая и фактическая концентрация вредного компонента в речной воде. Не следует упускать из виду, что величина $C_{\text{п. д. к}}$ может быть уменьшена согласно правилу наложения воздействия ряда компонентов с одинаковым лимитирующим признаком вредности *.

Если вредные компоненты имеют одинаковый признак вредности, то вступает в силу правило:

$$\frac{C_1}{C_1^{\text{п. д. к}}} + \frac{C_2}{C_2^{\text{п. д. к}}} + \cdots + \frac{C_n}{C_n^{\text{п. д. к}}} \leqslant 1. \qquad (6.2)$$

Можно назначать значения допустимых концентраций вредных веществ C_1, C_2, ... , C_n исходя из возможностей предприятий по снижению количества сбрасываемых загрязнений либо пропорционально их числу m уменьшать предельно допустимые концентрации:

$$C_i = \frac{1}{m} C_i^{\text{п. д. к}}. \qquad (6.3)$$

Более логично распределять между предприятиями предельно допустимые сбросы количества загрязнений, учитывая мощности предприятий, уровень совершенства технологического процесса и водного хозяйства и руководствуясь необходимостью выполнения приведенного выше условия.

Затем устанавливается допустимая концентрация тех же компонентов в поступающих на очистную станцию сточных водах с учетом эффекта очистки их совместно с бытовыми сточными водами:

$$C_n = C_{\text{оч}}/(1 - \text{Э}). \qquad (6.4)$$

Эффект очистки Э (в долях единицы) приведен в приложениях «Правил». Полученное значение C_n относится к взболтанной пробе сточных вод, содержащей данное вещество в растворенной и нерастворенной формах.

Величина C_n не должна превышать допустимые значения тех же веществ для биологической очистки сточных вод. Ниже приводится выписка из перечня допустимых концентраций для наиболее часто встречающихся загрязнений [19].

---

* Авторы считают, что указанный принцип может быть распространен только на ограниченное число компонентов. Согласно теоретическим расчетам вероятность одновременного воздействия нескольких десятков и сотен веществ, содержащихся в стоках городов с развитой промышленностью, весьма ничтожна. Научное обоснование упомянутого условия выглядит достоверным только лишь для трех—пяти компонентов. В водоемах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования суммарное присутствие учитывается только для веществ I и II классов гигиенической опасности

	Допустимая концентрация для биологической очистки, мг/л
Алюминий	0,75
Ацетон	40
Бензол	100
Ванадий	25
Висмут	15
Железо	5
Жиры растительные и животные	50
Кадмий	0,1
Кобальт	1
Красители сернистые и синтетические	25
Марганец	30
Медь	0,5
Метанол	30
Нефть и нефтепродукты	25
Никель	0,5
Ртуть	0,005
Свинец	0,1
Сероводород	1
СПАВ:	
анионные *	20
неионогенные *	50
Титан	0,1
Толуол	15
Фенол	15
Хром трехвалентный	2,5
Хром шестивалентный	0,1
Цианиды	1,5
Цинк	1

* При распаде их в процессе очистки не менее чем на 80 %

С учетом разбавления промышленных сточных вод городскими стоками вычисляется допустимая концентрация C производственных сточных вод:

$$C = \frac{Q}{q}(C_п - C_б) + C_б, \qquad (6.5)$$

где Q и q — суточные расходы городских и производственных сточных вод, м³/сут; $C_б$ — содержание тех же загрязнений в бытовых сточных водах, мг/л.

Количество загрязнений в бытовых стоках определяется экспериментально либо по таблице возможных концентраций, а при отсутствии какого-либо вещества его концентрация $C_б$ приравнивается нулю [19].

	Возможная концентрация в бытовых сточных водах, мг/л
Алюминий	0,5
Азот аммонийный	18—20
Железо	1—2
Жиры	30—50

Медь	0,01—0,03
СПАВ (анионные)	5—8
Сульфаты *	80—100
Хлориды *	40—60
Цинк	0,02—0,3

*Исходя из состава водопроводной воды.

В тех случаях, когда осадок сточных вод используется в качестве удобрения, значение C снижается на величину K в соответствии с расчетной концентрацией данного вещества в осадке. Величина K приводится в приложениях к «Правилам».

Таким образом, допустимый сброс загрязнений от предприятия определится как произведение среднечасового расхода q на концентрацию C, г/ч:

$$G_{\text{доп}} = qC. \tag{6.6}$$

В пределах $G_{\text{доп}}$ возможно изменять q и C при введении оборотного водоснабжения на предприятии либо совершенствовании технологического процесса.

Общие требования к составу смеси сточных вод, поступающей на очистку, вытекают из условий сброса производственных стоков, количество которых может максимально достигать 50—60 % от общего расхода. В этом случае температура смеси не превысит в летнее время 30 °С (допускаемая для производственных вод температура 40 °С), pH не выйдет за пределы 6,5—8,5 (для промстоков 6,5—9), ХПК не превысит БПК более, чем в 1,4 раза (для промстоков не более чем в 1,5 раза). Обычным для эксплуатации сооружений биологической очистки является соотношение БПК: азот: фосфор как 100 : 5 : 1, причем БПК исчисляется в осветленной пробе.

По соотношению биогенных элементов в бытовых стоках разбавление в 2 раза производственными водами, даже лишенными азота и фосфора, позволяет успешно вести процесс биологической очистки.

Обеспечение нормальных условий эксплуатации очистных станций в первую очередь зависит от соблюдения технологического режима на промышлениых предприятиях. В связи с этим на передний план выдвигаются четкий учет расходования, сброса, утилизации и ликвидации материалов и реагентов на производстве, что отражено в паспорте водного хозяйства.

§ 6.2. Организация химико-технологического контроля за работой очистной станции

Химико-технологический контроль тесно увязан с автоматизацией работы очистных станций и оснащенностью контрольно-измерительной аппаратурой, постоянно изменяется и совершен-

ствуется. Минимально необходимый уровень контроля очерчен утвержденными методиками и инструкциями [12, 14, 15, 21].

Руководствуясь унифицированными методами анализа сточных вод, возможно составить примерный обязательный (для составления водно-массовых балансов) перечень показателей состава исходных, частично или полностью очищенных сточных вод.

Показатели физических и органолептических свойств сточных вод: температура; мутность; окраска по разбавлению; запах.

Показатели санитарно-химической оценки состава сточных вод: pH воды; общее содержание примесей, в том числе минеральных; концентрация взвешенных веществ, в том числе минеральных; сухой остаток (содержание примесей в фильтрованной пробе), в том числе минерального характера; ХПК бихроматное; БПК полное; соединения азота (общего, аммонийного, азота нитритов и нитратов); соединения фосфора (общего, минерального).

Показатели бактериологического загрязнения сточных вод: общее содержание сапрофитных бактерий; коли-титр.

Специфические показатели загрязнений: жиры; нефть и нефтепродукты; соли тяжелых металлов и др.

В сгущенных продуктах и осадках обычно определяются влажность и зольность суспензии, специфические показатели состава, оценочные свойства технологического характера (ζ-потенциал дисперсной системы, формы связи воды и т. п.).

Точная оценка количества загрязнений позволяет составить водно-массовый баланс очистной станции и аргументированно маневрировать производственными мощностями. Баланс загрязнений может быть составлен при условии выражения концентрации загрязнений через ХПК взболтанных, отстоенных и фильтрованных проб. Целесообразно вести оперативный контроль по ХПК, определяя БПК по соотношению этих величин в сточных водах.

Рекомендуется обрабатывать материалы измерений в виде уравнения

$$\frac{L_t}{X_t} = \frac{L_0}{X_0}\left(\frac{X_t}{X_0}\right)^n = \frac{L_0}{X_0}(1 - Э_{ХПК})^n, \qquad (6.7)$$

где L_t и L_0 — БПК очищенной воды и исходных (осветленных) стоков, мг/л; X_t и X_0 — ХПК тех же сточных вод, мг/л; $Э_{ХПК}$ — эффект снижения ХПК в долях единицы; n — эмпирический показатель степени, символизирующий соотношение констант скорости биологической очистки, выражаемых в единицах БПК и ХПК.

Для нескольких очистных станций городских канализаций отношение L_0/X_0 может приближаться к 0,70, а величина $n \approx 0{,}8$. В этом случае соотношение между БПК и ХПК биологически очищенной воды будет следующим:

X_t, мг/л	60	70	80	100	120
L_t, мг/л	11	15,9	20	30	50

Построив кривую корреляции БПК и ХПК (в условиях отсутствия повышенного выноса взвешенных веществ), относительно легко вести оперативный контроль по ХПК, что гарантирует получение результатов анализов в день измерения. В условиях выноса взвешенных веществ ведут определение ХПК во взболтанных и осветленных (либо фильтрованных) пробах, оценивая качество очистки по остаточной растворенной части загрязнений. Определение ХПК возвратных потоков (фильтратов, фугатов, иловой воды) дает возможность оперативно оценивать качество обезвоживания осадка и дополнительные нагрузки на очистную станцию. Контроль такого типа значительно облегчится при массовом выпуске ХПК-метров.

Существенное значение имеет правильная организация отбора проб. Автоматические пробоотборники упрощают эту операцию. При ручном отборе следует учитывать такие моменты: объем разовых проб должен быть пропорционален расходу сточных вод, что должно быть отражено в инструкции либо на кривой соотношения наполнения лотка (трубы) в месте отбора и объема разовой пробы. Частота отбора должна соответствовать характеру изменений притока воды на очистную станцию. Отдельные залповые поступления загрязнений не должны «проскакивать» между двумя пробоотборами.

Глава II. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

§ 6.3. Решетки

Эффективность работы решеток оценивается по частоте отказов, происшедших вследствие закупорок рабочих зазоров и трубопроводов отбросами. Особенно ощутимо влияние отбросов при обезвоживании осадка на центрифугах, сепараторах, очистке сточных вод в тонкослойных отстойниках.

Основной рабочий параметр — скорость движения воды в прозорах решетки в пределах 0,8—1,0 м/с — обусловлен разными причинами. Верхний предел предопределен продавливанием и проскоком отбросов через решетку и носит технологический характер. Нарушение его непосредственно увеличивает число отказов. Нижний предел скорости связан с возможным накоплением песка и тяжелых минеральных примесей в канале перед решеткой, который работает в условиях пониженной скорости по сравнению с самоочищающей скоростью движения сточных вод. С технологической точки зрения небольшие скорости подвода отбросов к решетке благоприятствуют их задержанию.

Если на очистной станции организовать периодическую гидродинамическую прочистку каналов (брандспойтами) перед решетками, то возможно снизить скорость подвода отбросов и повысить эффект их задержания.

Существенное значение имеет улавливание волокнистых материалов — ниток, бечевок, тряпья, искусственного волокна, которые являются причиной образования плотных тромбов, формирующихся путем фильтрования воды через проницаемый первичный сгусток отбросов. Задержание волокнистых материалов требует изменения подхода к процеживанию сточных вод и применению методов намывного фильтрующего слоя.

Проскок отбросов снижается при подводе сточных вод под углом к прямоугольным стержням. Опыт работы решеток, установленных последовательно друг за другом, показывает, что на второй решетке задерживается до 50 % по объему отбросов, проскочивших через первую решетку. Количество задерживаемых отбросов увеличивается при повышении их содержания в сточных водах. Приведенные факты свидетельствуют о несовершенстве применяющегося оборудования и необходимости его модернизации.

Анализ состава задержанных отбросов вскрывает очевидную тенденцию увеличения количества отбросов из полимерных пленок, полиэтилена, легких пластмасс, которые не сбраживаются и не направляются в метантенк. Меняются условия дробления этих пластичных материалов. Пластмассовые пробки забивают отверстия решеток-дробилок, прочно закупоривают пазухи и рабочие зазоры механизмов и оборудования. С этих позиций разумно рассмотреть целесообразность дробления отбросов и их сбраживания. При удалении отбросов контейнерами отпадает необходимость также в их сортировке, трудоемкой и негигиеничной ручной операции.

В обязанности эксплуатационного персонала входит наблюдение за работой механизмов, проверка целостности рабочих органов, своевременное включение и выключение рабочих и резервных агрегатов. Включение и выключение решеток может производиться с местного диспетчерского пункта по изменению притока сточных вод.

Решетки-дробилки проверяются и осматриваются в часы минимального притока воды при выключенном приводе. Все виды профилактических работ на решетках-дробилках проводят при соответствующем обеспечении техники безопасности.

§ 6.4. Песколовки

Песок в сточных водах может находиться в свободном состоянии и в механически связанном виде, когда он является составной частью агрегата, состоящего из смеси твердых органических примесей и песка. Агрегатно не связанный песок задерживается в песколовках, рассчитанных на осаждение чистого песка под действием сил гравитации. Механически связанный песок осаждается вместе с окружающей его массой агрегата и вследствие этого имеет более низкую гидравлическую крупность. Для выделения свя-

занного песка необходимо разрушение агрегата. Соотношение между массой свободного и связанного песка может быть определено путем отстаивания неосветленной пробы сточных вод в покое: свободный песок осаждается относительно быстро ($t = h/u_0$, т. е. за 27 с, при высоте цилиндра 500 мм и гидравлической крупности частиц 18,7 мм/с), в то время как связанный песок отделится за относительно бóльший промежуток времени. Отмывка чистой водой проб осадка, отобранного из цилиндра (емкости) через 30 с и через 5, 10, 15, 30 мин, может дать примерную картину вида связи песка с твердыми примесями.

Песколовки, рассчитанные на задержание связанного песка, имеют большую длину (в зарубежной практике до 60—90 м) либо включают в технологический процесс узел отмывки песка. Разрушение агрегатов обычно производится путем аэрации (аэрируемые песколовки) либо возмущением потока жидкости. Перемешивание сточных вод мешалками, насосами, в том числе водоструйными, обеспечивает отмывку песка. Такой же результат может дать гидромеханическое возмущение потока в ершовых смесителях, распределительных чашах, в зазорах полупогруженных щитов и других запорно-регулирующих устройствах. Длительность воздействия возмущения, по аналогии с аэрируемыми песколовками, должна составлять 90—150 с; эта величина может быть определена экспериментально на стенде с заранее установленным градиентом скорости. Достаточно просто выражать результаты в виде числа Кемпа [10].

На полноту изъятия песка, помимо естественных свойств частиц и агрегатов, существенное влияние оказывает структура потоков жидкости в песколовках. Несовершенство гидравлического режима проявляется в резкой неравномерности распределения скорости движения воды в живом сечении песколовки, наличии транзитных потоков и образовании малоподвижных зон. Оценка гидравлического совершенства сооружения производится методом трассирования с последующим выражением результатов в виде коэффициента объемного использования либо другого показателя, образуемого на основе математической обработки кривой отклика [12].

Результаты трассирования сооружения связывают с элементами распределительных систем и геометрическими размерами песколовок либо с гидравлической крупностью песка в тех случаях, когда существенно изменяется скорость движения воды.

Критерии оценки эффективности работы песколовок не разработаны в достаточной мере. Очевидно, мерой оценки должно быть остаточное содержание песка, отдельно по связанной и свободной частям, чтобы иметь возможность оценить совершенство гидравлического режима и эффективность приемов по отмывке песка. Требует дальнейшей доработки техника отбора проб сточных вод, статистически достоверно описывающая поступление и вынос песка.

Среднесуточные, среднесменные и разовые пробы не гарантируют получение достоверного результата. Достаточно надежные результаты могут дать постоянные анализы осадка первичных отстойников на содержание песка. Анализы целесообразно проводить путем отмывки песка в сосудах с перемешиванием и медленной промывкой осадка чистой водой. Задержанная проба песка взвешивается после сушки, и одновременно проводится определение гидравлической крупности основной (по весу) массы. Микроскопированием определяется средний диаметр (в случае окатанной формы) частиц песка.

Простое определение эффекта задержания песка по содержанию его до и после песколовки без определения гидравлической крупности частиц, распределения его в свободном и связанном виде не раскрывает причин неудовлетворительной работы сооружений.

Горизонтальные песколовки с прямолинейным и круговым движением воды. В песколовках данного типа отсутствует отмывка связанных форм песка, в связи с чем контроль должен производиться только по несвязанной части. Основным фактором является гидравлический режим работы песколовок, обусловленный степенью совершенства распределительных устройств, движением жидкости в основной части сооружения и условиями регулирования расхода воды на выходе из песколовки.

Для песколовок с прямолинейным движением воды необходимо обеспечить быстрое и равномерное распределение потока по живому сечению. При неблагоприятных условиях (резкий переход от лотка к песколовке), когда соотношение площадей сечения входных отверстий ($b_л h_л$) и живого сечения песколовки ($B_п H_п$) составляют 3 и более, прибегают к устройству дополнительных устройств в виде поворотных свободно опущенных стержней, щита-отражателя на входе в песколовку и т. п. приемов, не приводящих к засорению устройств отбросами. Движение жидкости на основном участке должно быть равномерным, следует избегать оттеснения потока к одной из стен песколовки и образования водоворотных зон. Для регулирования скорости движения воды в песколовках рекомендуется устраивать водосливы с широким порогом. Интенсификация работы таких песколовок достигается путем организации отмывки песка в подводящих лотках аэрацией сточных вод при одновременном повышении уровня воды (при возможности) либо интенсивным перемешиванием.

В песколовках с круговым движением воды гашение энергии потока происходит при резких поворотах потока. Более сложной проблемой остается проток части жидкости через песковый приямок и выпадение в нем органических примесей.

Распределение потоков воды и определение продолжительности протока выявляется при трассировании сооружения. Проверка параметров работы песколовок заключается в измерении расхода воды на каждое отделение и скорости движения воды гидрометри-

ческими вертушками, определении высоты наполнения лотков и рабочих отделений, оценке гидравлической крупности песка до и после песколовки.

Удаление песка из песковых приямков гидроэлеваторами затруднено при засорении отверстий элеваторов либо при недостаточных величинах напоров и расходов воды.

Гидромеханическое удаление песка из горизонтальных песколовок требует проверки равномерности выхода жидкости из отверстий распределительной системы и достаточной для псевдоожижения слоя песка скорости восходящего потока воды (0,0065 м/с). Наладку этой системы целесообразно проводить на чистой воде и отмытой порции песка с песковых площадок (либо привозного песка). Возможность выноса песка при гидромеханическом удалении проверяют непрерывным отбором проб на выходе из песколовки. Следует обратить внимание персонала на то, что более целесообразно удалять песок при низких скоростях движения воды и малом наполнении лотков.

Аэрируемые песколовки. В аэрируемых песколовках должно быть достигнуто соответствие времени отмывки песка и времени осаждения песчинок при требуемом гидравлическом режиме. Время отмывки устанавливают в аэрируемых цилиндрах, в которых при изменении интенсивности и продолжительности аэрации определяют оптимальное значение числа Кемпа.

По критерию Кемпа проверяют соответствие проектных параметров и действительно требуемых. Гидравлический режим проверяют по скорости движения воды на нисходящем к песковому приямку участке наклонного днища. Скорость движения воды у дна вблизи приямка не должна превышать 0,2 м/с; эпюра распределения скорости по высоте в этом створе должна приближаться к треугольной, без резких отклонений и возмущений. Вынос песка может быть обусловлен неравномерностью аэрации по длине песколовки и усилением продольного турбулентного переноса масс воды. Неравномерность аэрации ликвидируется регулировкой расхода воздуха по стоякам (путем установки диафрагм из резины внутри фланцевых соединений), а продольный перенос резко снижается путем устройства полупогруженных поперечных перегородок (секционирование с целью приближения к вытеснительному режиму).

Интенсификация работы аэрируемых песколовок должна производиться по лимитирующему фактору — по отмывке песка либо по созданию оптимальных условий осаждения песчинок. При несовместимости этих условий переходят к зонному распределению воздуха — большей интенсивности дутья на первых участках секционированной песколовки и меньшей либо снижающейся интенсивности аэрации до минимально допустимой скорости движения воды у дна (0,15 м/с) на остальных участках песколовки.

Благодаря отмывке песка зольность его в аэрируемых песколовках выше, нежели в неаэрируемых (90 по сравнению с 60 %).

Кроме того, в аэрируемых песколовках возможно задержание песка крупностью 0,15 мм (гидравлическая крупность 13,2 мм/с). Естественно, что удаление песка данной фракции требует соблюдения оптимальных условий отмывки и осаждения наиболее мелких частиц.

Тангенциальные песколовки. Их работа целиком зависит от совершенства гидравлического режима. Резкие колебания расхода сточных вод вредно влияют на скорость вращательного движения воды и продолжительность отстаивания жидкости. Задача эксплуатационной службы заключается в создании оптимальных параметров — градиента скорости, центробежных сил и продолжительности осаждения, взаимосвязь между которыми не раскрыта в математической форме. Моделирование явлений, происходящих в тангенциальных песколовках, пока еще не разработано на достоверной основе. Неясность взаимосвязи упомянутых факторов требует предварительной наладки песколовки на осветленной воде, не содержащей связанного песка, путем ввода отмытых и отсортированных проб песковых композиций, приближающихся по составу к характерным для городских канализаций.

В пусковой период особое внимание должно быть уделено качественному исполнению узлов по вводу и сбору сточных вод. При вводе сточных вод должны быть исключены резкие возмущения потока вследствие неровностей стен и сопряжений. Желательна установка поворотной перегородки на входе в песколовку, сохраняющей постоянство скорости входа жидкости. Регулировка сборного устройства заключается в организации равномерного сбора жидкости по всему периметру вихревой воронки, соблюдении соосности отводящей трубы и центра водоворотной области (смещение возникает вследствие строительных дефектов).

§ 6.5. Первичные отстойники

Соответствие параметров осветления сточных вод в первичных отстойниках проектному технологическому режиму зависит от свойств взвешенных веществ, в том числе промышленного происхождения, структуры потоков жидкости в отстойных сооружениях режима выгрузки осадка и ряда других, менее значительных причин. В условиях производства эффект осветления может не совпадать с проектным значением, в связи с чем важно определить и устранить причиину неблагоприятных воздействий.

Свойства взвешенных веществ устанавливаются путем определения кинетики их осаждения в покое в цилиндрах (сосудах) диаметром не менее 120 мм и высотой столба жидкостн не менее 500 мм. Способность взвешенных веществ к агломерации определяется соотношением времени отстаивания для достижения одинакового эффекта осветления в пробах, отобранных из пробоотборников, установленных на разных глубинах. Показа-

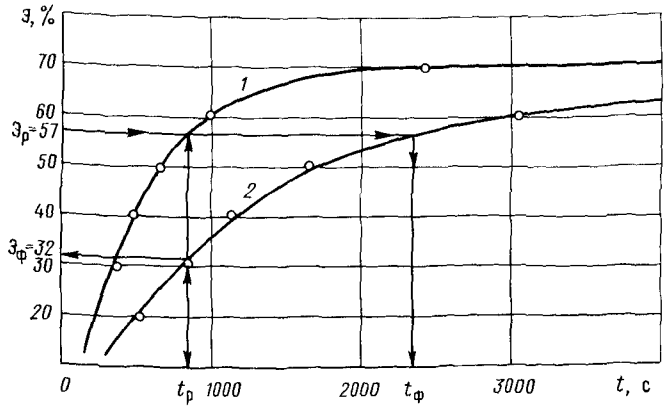


Рис. 6.1. Кинетика осаждения взвешенных веществ в покое
1 — расчетная кривая; *2* — фактическая кривая осаждения взвеси

тель степени агломерации частиц определяется из выражения

$$n = \frac{\lg t_1/t_2}{\lg h_1/h_2}. \qquad (6.8)$$

В зависимости от характера сточных вод величина n колеблется для городских стоков от 0,1 до 0,4; фактическое значение этого параметра будет оказывать влияние на работу отстойника.

Еще большее влияние окажет несовпадение величины $t_р$ — времени осветления сточных вод в покое для достижения заданного эффекта осветления — с фактически требуемым $t_ф$, определяемым по кривым осаждения взвеси в сточных водах с расчетной концентрацией взвеси. Продолжительность отстаивания $t_р$ входит в формулу для расчета гидравлической крупности частиц в покоящейся жидкости:

$$u_n = h_1/[t\,(h_2/h_1)^n]. \qquad (6.9)$$

Нетрудно заметить, что несовпадение величин $t_р$ и $t_ф$ прямо влечет за собой изменение u и фактически достигаемого эффекта осветления.

На рис. 6.1 в качестве примера показаны кривые осветления сточных вод в покое при концентрации взвешенных веществ 350 мг/л и высоте цилиндра 500 мм. Кривая *1* — расчетная, по этой кривой определено $t_р$ при заданном эффекте осветления $Э_р$ = = 57 %. Фактическая кривая осаждения *2* значительно отличается от расчетной, и значению $t_р$ соответствует эффект очистки $Э_ф$ = 32 %. Ясно, что для достижения расчетного эффекта очистки необходимо принять в расчет величину $t_ф$, значительно отличающуюся от $t_р$.

В зависимости от типа и конструкции отстойника в расчетах принята усредненная величина коэффициента гидравлического

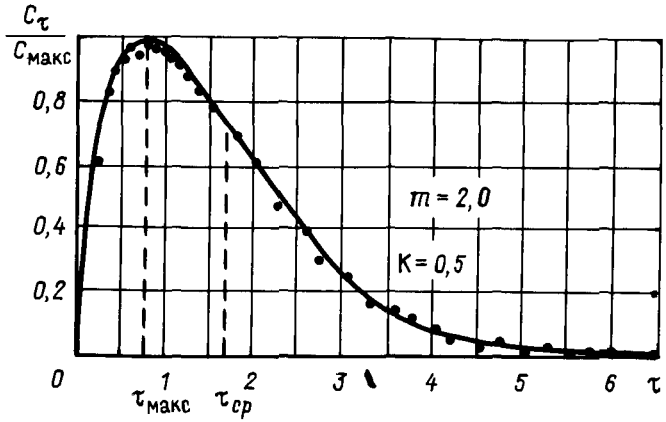


Рис. 6.2. Кривая отклика отстойного сооружения на импульсное возмущение концентрации трассера

совершенства отстойника K. Реальное значение его может не совпадать с расчетным, в связи с чем проводится трассирование сооружения. В качестве трассера (индикатора) выбирают вещество, не обладающее значительной молекулярной диффузией (как, например, флуоресцин). Трассирование проводят при постоянном (максимальном) расходе сточных вод. По кривой отклика определяют значение как отношение

$$K_\Phi = \tau_{max}/\tau_{ср}. \qquad (6.10)$$

Следует избегать распространенных ошибок, когда площадь кривой отклика ($\sum q_i C_i$) не равна количеству введенного трассера. Ввиду размытости (нечеткости) максимума на кривой отклика рекомендуется выражать результаты трассирования в виде математической формулы (например, формулы цепи аппаратов идеального перемешивания либо другой модели) и определять τ_{max} аналитически.

Если выразить кривую отклика в виде ячеечной модели, то получим следующее соотношение:

$$K_\Phi = \tau_{max}/t_{ср} = (m-1)/m, \qquad (6.11)$$

где m — число ячеек ($m = 1/\sigma^2$); σ — безразмерная дисперсия распределения.

На рис. 6.2 показан пример трассирования отстойника в координатах C_τ/C_{max} и τ. В области максимума разброс точек не позволяет точно определить, какой из них соответствует C_{max}. Математическая обработка по ячеечной модели позволила установить, что число ячеек $m = 2$, а значение коэффициента $K = 0{,}5$. Кривая отклика при $m = 2{,}0$ приведена на рисунке.

Если K_Φ окажется значительно меньше K, принятого в расчетах, то следует установить и ликвидировать причину неблаго-

приятных воздействий. Такими причинами могут быть: неравномерное распределение воды на входе в отстойник, неравномерный сбор воды лотками, перекосы, неплотности, застойные зоны. Поиск дефектов в конструкции отстойников ведется при трассировании. Транзитные струи и перекосы лотков отстойников определяются окрашиванием потока либо его части и последующим визуальным наблюдением.

В условиях движущейся жидкости гидравлическая крупность определяется с учетом коэффициента объемного использования (мм/с):

$$u_д = 1000KH/[t\,(KH/h)^n]. \qquad (6.12)$$

Фактически допустимую (по проектным данным) гидравлическую крупность (мм/с) можно определить в отстойниках:

горизонтальных

$$u_ф = Hv/(K_ф L), \qquad (6.13)$$

радиальных и вертикальных

$$u_ф = 4Q/[3{,}6\pi K_ф\,(D^2 - d^2)]. \qquad (6.14)$$

Подставив в формулу (6.12) $u_ф$, можем определить t (с):

$$t = 1000K_ф H/[u_ф\,(K_ф H/h)^n]. \qquad (6.15)$$

Затем по графику, аналогичному приведенному на рис. 6.1, определим достижимый эффект очистки по реальной кинетике осаждения взвеси.

Таким образом устанавливают допустимые (с точки зрения учета особенностей формирования состава и расхода сточных вод) отклонения от проектного режима и индивидуальные особенности работы отдельных сооружений. В случае значительных отклонений от проектных данных следует определить источник поступления специфического стока, изменяющего свойства взвешенных веществ, провести устранение дефектов в конструкциях.

При невозможности устранения причин отклонений переутверждают проектные показатели на основе детального изучения и математической оценки данных пусконаладочных работ.

Горизонтальные отстойники. Коэффициент K зависит от горизонтальности переливных лотков, равномерности впуска и сбора сточных вод. Существенное влияние на него оказывает распределение жидкости по вертикальной плоскости, не регулируемое ввиду жесткого закрепления полупогруженной доски и переливных кромок лотков. Оценку вертикального распределения производят трассированием потока раствором поваренной соли и одновременным замером электропроводности воды в нескольких створах системой датчиков либо переносной рамой с закрепленными на ней датчиками. По результатам замеров рекомендуют изменение погружения доски при излишнем отклонении потока от центра проточной части. Возможна установка стержней из труб сразу за полупогруженной доской, причем следует пред-

усматривать возможность выемки стержней из потока воды для очистки от налипающих отбросов. При излишне высокой гидравлической нагрузке на ребро водосливов устраивают дополнительные распределительные лотки за полупогруженной доской, поток из которых направляют в сторону доски. Снижение гидравлической нагрузки, в том числе и на сборных лотках, положительно влияет на структуру потоков воды в отстойниках.

Способ и режим выгрузки осадка может повлиять на эффективность осветления. Излишне долгое хранение осадка приводит к его загниванию, насыщению газами и всплыванию на поверхность воды. Характерным признаком брожения является интенсивное всплывание пузырьков газа; более точные показатели определяют измерением pH осадка, дзета-потенциала, количества летучих жирных кислот. Эти определения более подробно рассматриваются в разделе обезвреживания осадка анаэробным методом.

В случае интенсивного брожения, в особенности в летнее время, переходят на более частый выпуск осадка. Влажность выпускаемого осадка предопределена его расходом: при большом расходе образуется воронка над выпускным отверстием и происходит подсос воды. Порционный выпуск снижает количество захватываемой воды, вследствие чего откачка осадка плунжерными насосами обеспечивает его влажность на уровне 93—94 %, в то время как использование центробежных насосов или выпуск осадка под гидростатическим напором повышает влажность до 95—96 %. В этой связи следует обратить внимание эксплуатационного персонала на возможность удаления разбавленного осадка влажностью 99,5—99,6 % (концентрация 4—5 г/л) на осадкоуплотнители для совместного уплотнения с избыточным активным илом [10, 38]. Такая мера резко повышает аэробность среды, в особенности при наличии нитритов и нитратов в очищенной воде.

Загнивание и вынос частиц осадка главным образом заметны в случае некачественного изготовления и монтажа скребковых устройств. В пусконаладочный период следует произвести подбетонку пазух, углов и других мест залеживания осадка.

Осадок в приямок может сгребаться при помощи скребков на тележках. Регулировка скребка по индивидуальным поверхностям днища отдельных секций отстойников более затруднительна и требует тщательной подгонки в пусконаладочный период.

Радиальные отстойники. Совершенствование системы распределения воды осуществляется путем опускания или подъема нижней кромки полупогруженного кольцевого щита, но эта мера связана с большими трудностями, поскольку наращивание или уменьшение высоты щита требует больших усилий и затрат. Система сбора воды может быть усовершенствована с меньшими затратами средств и труда путем устройства дополнительных отверстий в днище и стенках лотков, установки дополнительных радиальных ответвлений лотков и т. п.

Сбор и удаление осадка в раднальных отстойниках не вызывает особых затруднений при достаточно качественном изготовлении и монтаже скребковых устройств. Устройство для сгребания осадка включают за 1—1,5 ч до выгрузки осадка. Выключение их из работы производят перед началом либо по окончании выгрузки.

При удалении осадка центробежными насосами либо под гидростатическим напором влажность осадка колеблется на уровне 95—96 %; использование плунжерных насосов снижает влажность до 93—94 %. С увеличением высоты слоя накапливаемого осадка возможно некоторое снижение влажности, но этому обычно препятствует его загнивание. С этой точки зрения целесообразно накапливать осадок перед выгрузкой в центральном приямке, уплотнять его некоторое время и затем выгружать.

Вертикальные отстойники. Распределительное устройство обычных вертикальных отстойников с центральной трубой и отражательным щитом недостаточно гидродинамически совершенно. Струя жидкости, выходящая из зазора между центральной трубой и отражательным щитом, создает препятствие для осаждения взвешенных веществ из отстойной зоны.

Транзитная струя, поднимающаяся вдоль стенок отстойника к сборным лоткам, выносит значительное количество взвешенных веществ, не успевших осесть. Ликвидация отрицательного влияния этого фактора является основной задачей совершенствования конструкции вертикальных отстойников. Вертикальные отстойники с разветвленной распределительной системой — отстойники с нисходяще-восходящим потоком и центральной либо периферической системой подачи воды лишены этого недостатка, благодаря чему повышаются эффект осветления и коэффициент использования объема сооружения. Следует заметить, что чрезмерно высокие значения коэффициента использования объема (более 0,6), приводимые в литературе, трудно считать достоверными, поскольку в упомянутых конструкциях не достигаются более благоприятные условия, нежели в горизонтальных и радиальных отстойниках.

Ухудшение работы обычных отстойников связано с перекосом и плохой центровкой трубы и отражательного щита, неравномерным распределением воды в зазоре между трубой и щитом, неравномерностью сбора воды. Все эти недостатки обнаруживаются при трассировании отстойников путем отбора проб по периферии отстойника на разных уровнях. Несовершенство работы сборных устройств легче всего проявляется при минимальных расходах сточных вод.

Тонкослойные отстойники. Тонкослойные блоки и модули чаще применяют в качестве средства интенсификации работы обычных отстойников, устанавливая их перед сборными лотками. Тонкослойные модули следует защищать от забивания плавающими отбросами, предусматривая возможность их выемки и очистки.

Положительный результат будет получен только в случае тщательного распределения потоков воды до и после модулей. Отсутствие систем распределения воды приводит к появлению застойных зон и транзитных струй, вследствие чего резко снижается эффективность осветления воды. При установке модулей в существующих отстойниках следует обратить внимание на правильное расположение водосборных устройств: отдельные элементы модулей не должны слишком близко располагаться к сборным лоткам; после модуля должна оставаться камера достаточно больших размеров для формирования потока, выходящего из отстойных элементов. Режим работы модулей — противоточный, что позволяет возвращать осадок в зону действия скребков. Иногда применяют вертикальную установку модулей, и они превращаются в ламинизирующие элементы (известно, что для тонкослойных модулей число Рейнольдса Re должно быть менее 500). В этом случае система сбора осветленной воды оказывает решающее влияние на эффективность работы отстойника.

Ожидаемую эффективность осветления отстойников со встроенными тонкослойными блоками можно определить с помощью формулы (6.15) и кинетики осветления воды. Величина t будет состоять из суммы t_1 и t_2, рассчитанных отдельно для обычного отстойника (t_1), и тонкослойного модуля (t_2), причем значение показателя n снижается до 0,1—0,2 для тонкослойных элементов. Если поставлена задача повышения производительности отстойника, то по формулам СНиП [29] определяют значение $u_ф$ и далее по (6.15) находят возможный эффект очистки.

Глава III. СООРУЖЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

§ 6.6. Поля фильтрации

Поля фильтрации устраивают на грунтах с хорошими фильтрационными свойствами. Нарушение процесса биологической регенерации почвенных структур немедленно приводит к их кольматации и заболачиванию. Фильтрование сточных вод способствует интенсивному развитию микроорганизмов почвенного биоценоза, ослизнению и закупорке порового пространства, ухудшению аэрации, развитию плесневых грибов и других кислотообразующих культур. Взвешенные вещества задерживаются в поровом пространстве и становятся существенным фактором прироста биомассы. Задача службы эксплуатации заключается в создании режима подготовки и напуска сточных вод, исключающего кольматацию почвы.

Агротехнические мероприятия — обработка почвы, выращивание растений и т. п. — служат цели сохранения и улучшения структуры культурного почвенного слоя, ликвидации накоплений

органических веществ, в том числе биомассы микроорганизмов, изъятию биогенных элементов (азота, фосфора, калия). Сочетание периода орошения с последующим периодом профилактических мероприятий достигается на основе годичных и сезонных графиков орошения. Графики составляются по годичным и месячным прогнозам погоды с учетом требований агротехники, севооборота, потребности в воде и биогенных элементах. Количество воды и длительность разового полива определяются фильтрационными свойствами почвы.

Излишняя гидравлическая нагрузка наиболее быстро отражается на агрохимическом составе почвы: снижается pH, усиливаются анаэробные процессы, ухудшается кислородный режим, биоценоз почвы обедняется и смещается к факультативно-анаэробному. По сумме таких признаков методом проб (путем напуска различного количества сточных вод на карты с последующим наблюдением за ними) устанавливают нормы разового полива. Нормы должны корректироваться в зависимости от сезона года, количества атмосферных осадков, дефицита влажности почв. Длительность периода для восстановления сбалансированного биотопа почвы не может быть назначена заранее, она устанавливается опытным путем с участием агрохимической службы.

Учитывая упомянутые обстоятельства, составляют календарный циклический график полива карт, предусматривающий длительность цикла от 2—3 до 10—15 суток. Карты полей систематизируют по фильтрационным свойствам грунтов для возможности маневра, создания запаса площадей на период снеготаяния, интенсивного выпадения осадков.

Вспашка полей способствует их аэрации, интенсивному окислению накопленных загрязнений. Пахоту проводят 2—3 раза в год, разрушая поверхностный слой закольматированного грунта. Выращиваемые культуры должны быть влаголюбивыми, с интенсивным ростом, широко разветвленной корневой системой. Со сточными водами в почву попадают семена сорняков, требующих определенных усилий по борьбе с ними. Но в целом не следует упускать из виду, что растениеводство служит улучшению морфологических свойств почвы, а не задачам повышения урожайности.

Система сбора дренажных вод (закрытый дренаж, осушительные канавы) необходима для вывода избыточной воды из поверхностного слоя почвы и защиты подземных водоносных горизонтов от загрязнения азотом, фосфором, растворенными органическими веществами. В нормальном режиме работы полей загрязненность дренажных вод складывается в зависимости от количества и качества подземных и фильтрующихся с поверхности стоков.

В наиболее неблагоприятном случае их состав приближается к качеству очищенной биологически воды (после аэротенков и биофильтров). Обычно состав дренажных вод близок к составу сточных вод после доочистки на скорых фильтрах.

Под зимнее намораживание отводят не более 80 % площади карт. Намораживание должно сопровождаться подледной фильтрацией, в связи с чем желателен напуск сточных вод под слой льда с предотвращением выпуска воды тонким слоем поверх льда Небольшие по размерам карты удается заполнять сразу на большую высоту (30—40 см), удерживая их от полного промерзания подледным напуском. При поверхностном отводе воды в весенний период нарезкой борозд и очисткой отводящих проемов резко снижают таяние льда и снега, уменьшают опасность прорыва талых вод.

Инфекционные и паразитические начала сохраняют жизнеспособность в почве длительное время, с чем должен быть ознакомлен эксплуатационный персонал. Выращиваемые растения необходимо подвергать термообработке (например, в аппаратах для приготовления травяной муки) с целью обеззараживания.

§ 6.7. Биологические пруды

В практике очистки городских сточных вод применяют биологические пруды окислительного типа, не допуская накопления осадка на дне и создания там анаэробных условий. Система анаэробно-аэробных прудов рациональна в случае поступления высококонцентрированных сточных вод от перерабатывающих предприятий агропрома.

Окислительные пруды могут включать частично либо полностью осуществленную трофическую схему. В полной схеме трансформация загрязнений проходит цикл: гетеротрофное окисление загрязнений — автотрофное воспроизводство вторичной биомассы — потребление биомассы простейшими организмами, рачками — разведение рыбы на основе данной кормовой базы. Очистка воды достигает уровня, характерного для загрязненных природных водоемов (БПК = 6÷8 мг/л). В неполной схеме цепочка разрывается по окончании окислительных либо автотрофных процессов, и в этом случае очищенная вода характеризуется значением БПК = 15 мг/л, повышенным содержанием взвешенных веществ — 20—30 мг/л, представленных бактериальной массой, значительным фоном соединений азота — 10—20 мг/л.

В секционированных прудах движение воды приближается к вытеснительному режиму, все стадии схемы протекают последовательно и достаточно четко разграничены Пруды-смесители (одноступенчатые, круглой либо квадратной формы) характеризуются значительной диффузией, все процессы протекают параллельно, разграничение их затруднительно. Стадия окисления загрязнений гетеротрофными организмами в присутствии растворенного кислорода протекает аналогично окислению загрязнений в водоемах, длительность ее $t_ф$ определяется по константе скорости

окисления загрязнений K, равной 0,1 1/сут: $t_ф = 1/K \times \times \lg L_0/L_t$.

Значение $t_ф$ относится к активной части биопруда, которая оценивается коэффициентом объемного использования $K_{о.и}$ ($t_ф = K_{о.и} \times V/Q_{сут}$, где V — общий объем биопруда). Пруды с автотрофными процессами рассчитываются по K = 0,07 1/сут, а полная трофическая цепь характеризуется снижением константы скорости от 0,07 до 0,05÷0,04 1/сут. Окислительные пруды обеспечивают растворенным кислородом за счет атмосферной аэрации (3—4 г $O_2/м^2 \cdot$сут) либо искусственной аэрации при помощи пневматических и механических аэраторов.

Перегрузка биопрудов и несоблюдение режимных параметров приводят в конечном итоге к образованию донных отложений, появлению анаэробных зон, вторичному загрязнению воды. Избыток органических загрязнений вызывает интенсивный рост гетеротрофной биомассы и постепенное накопление ее вследствие осаждения. Такой же эффект возникает при недостатке кислорода, когда процессы роста микроорганизмов превалируют над окислительными и основная часть загрязнений трансформируется в биомассу. В донные отложения попадает масса планктона в осенний период вследствие сезонных изменений и отмирания светолюбивых культур. Ввиду сложности управления таким разнородным сообществом микроорганизмов целесообразно провести ряд профилактических мероприятий по сбору и удалению донного ила. К ним можно отнести: организацию направленной циркуляции воды в прудах с целью выноса влекомых и оседающих примесей к местам их сбора (приямкам) с последующей откачкой стационарными либо передвижными насосными установками; устройство приспособлений для опорожнения прудов и удаления донных отложений; организацию аэрации и перемешивания в первой ступени (секции) прудов с выносом образованной биомассы в промежуточный отстойник, устраиваемый в виде глубокой выемки с приямком для накопления ила и т. п. Небольшие отложения ила обычно перерабатываются личинками насекомых и не оказывают существенного влияния на качество очищенной воды, тем не менее отдельные частицы всплывающего ила должны быть задержаны до выпуска очищенной воды.

Следует обратить внимание на определение БПК и концентрации растворенного кислорода в прудовой воде. Вследствие фотосинтеза в дневное время может наблюдаться повышенное содержание кислорода в воде, в связи с чем действительное значение этой величины будет искажено. Лучше определять растворенный кислород в утренние часы. По этой же причине появляется большая разница между величинами БПК, вычисленными в склянках, хранящихся на свету и в темноте. Полезно определять ХПК и БПК в фильтрованных и взболтанных пробах, с тем чтобы оценить потребление кислорода растворенными примесями и сообществом микроорганизмов, оставшихся в очищенной воде. Одно-

временно возможно будет оценить эффективность осветления воды в фильтрующих элементах, иногда устраиваемых в системе отвода воды для улучшения ее качества.

В зимнее время в прудах преобладают процессы осаждения дисперсных примесей и окисления растворенной части загрязнений; фотосинтетическая активность биоценоза выражена весьма слабо. Наблюдение за кислородным режимом работы прудов должно быть усилено.

Глава IV. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА В БИОФИЛЬТРАХ И АЭРОТЕНКАХ

§ 6.8. Биологические фильтры

Капельные биофильтры. В биологических фильтрах прикрепленная к загрузке биомасса осуществляет изъятие органических загрязнений за время прохождения сточных вод, зависящее от типа и высоты загрузки, гидравлической нагрузки. Средняя продолжительность протока воды определяется в виде функции $t = f(H/q^m)$, в которой величина m равна 0,4 и 0,5 соответственно для биофильтров с объемной и плоскостной пластмассовой загрузкой.

Основная задача эксплуатации биофильтров сводится к культивированию биологической пленки, обладающей устойчивой способностью к очистке сточных вод и непрерывному воспроизводству новой и удалению старой биомассы. Неблагоприятные условия работы биофильтров приводят к заилению загрузки, в особенности объемной (кусковой), изменению биоценоза и ухудшению качества очищенной воды. Режим воспроизводства биопленки зависит от нагрузки (по отношению к загрязнениям сточных вод) на биомассу по органическим веществам, режима движения жидкости в поровом пространстве загрузки биофильтра, способности биопленки прикрепляться и удерживаться на поверхности загрузки.

Капельные биофильтры рассчитаны на относительно длительный контакт сточных вод с биопленкой (3—10 мин). Движение жидкости в загрузке в период орошения через спринклерную систему с дозировочным баком характеризуется неустановившимся режимом: в период между орошениями поровое пространство загрузки освобождается от воды, в период орошения происходит сначала накопление воды в поровом пространстве, затем удержание жидкости и, наконец, вытеснение избытка воды вновь поступающими порциями. Для определения удерживающей способности биофильтра (по воде) применимы методы опорожнения и трассирования. Метод опорожнения заключается в отсечке орошения загрузки (прекращение подачи на нее жидкости) и измерения количества стекающей воды во времени после момента отсечки. Этим методом определяется статическая удерживающая способность загрузки. Метод трассирования, реализуемый путем

ввода в поступающую жидкость нейтрального индикатора без прекращения подачи сточных вод, позволяет определить динамическую удерживающую способность. Последний метод является более приемлемым, поскольку позволяет получить кривую распределения продолжительности пребывания элементов потока жидкости в загрузке, а также определить среднюю продолжительность пребывания жидкости в биофильтре.

Если биофильтры оснащены оросительными системами непрерывного действия, то задача трассирования сводится к определению равномерности распределения жидкости (и трассера) по поверхности фильтра. Трассированием возможно определить также развивающееся заиление загрузки фильтра и появление зон интенсивного тока воды. При заилении фильтра зачастую вода образует зоны интенсивного протока и значительная часть потока воды проходит загрузку без очистки. Этому явлению способствует разнородность загрузочного материала, когда отдельные полости фильтра загружены материалом разной крупности.

Несоответствие качества очищенной воды проектным данным может быть вызвано рядом причин: резкой неравномерностью притока сточных вод и залповыми сбросами сточных вод, в особенности при неблагоприятном составе загрязнений (поступление ПАВ из прачечных, нефтепродуктов, сброс технологических растворов и отходов из производственных объектов и т. п.); изменением качественного состава загрязнений в сточных водах за счет промышленных предприятий; снижением температуры сточных вод и несоответствием фракционного состава загрузки биофильтра нормативным требованиям; перегрузкой очистной станции как по расходу сточных вод, так и количеству поступающих загрязнений. При невозможности устранения фактора, вызывающего неблагоприятное воздействие, возможно применить меры оперативного воздействия: введение рециркуляции очищенной воды, в том числе в ночные часы; замену части фильтрующего материала; интенсификацию узла механической очистки предварительной аэрацией с использованием регенерированной избыточной биопленки из вторичных отстойников; устройство системы обогрева (шатра с отоплением или без него). При полной очистке рециркуляция очищенной воды, наложенная на расчетный расход сточных вод, в общем подходе снижает эффективность очистки воды вследствие уменьшения времени контакта загрязнений с биопленкой. Но введение рециркуляции в часы малого притока создает предпосылки для интенсивной промывки тела загрузки от избытка биопленки, предотвращения высыхания биомассы, выноса накопленных загрязнений и продуктов метаболизма. Не исключается рециркуляция теплой либо подогретой чистой воды в ночные часы для сохранения температурного режима и исключения остывания биофильтра.

Замена части фильтрующего материала является вынужденной мерой, связанной с заилением верхних слоев загрузки. Верхний

слой толщиной 0,5—0,7 м заменяют на более крупнозернистый материал, вследствие чего увеличивается размер пор фильтра, снижается продолжительность протока воды и в некоторой степени эффект очистки. Тем не менее таким способом возможно более равномерно распределить количество биопленки по всей высоте загрузки, избежать образования непроницаемого слоя биомассы вблизи поверхности загрузки.

Следует обратить внимание эксплуатационного персонала на параметр гидравлической нагрузки, выраженной в виде допустимого диапазона 1—3 $м^3/м^2 \cdot сут$. Выбранная единица измерения времени — сутки — исключает учет колебаний расхода по часам суток, что может привести к недопустимым перегрузкам, способы выявления которых описаны в начале раздела.

Оценка работы биофильтров производится по данным анализов исходной (БПК, ХПК, концентрация взвешенных веществ, азот аммонийный, СПАВ) и очищенной воды (БПК, ХПК, концентрация взвешенных веществ, азот аммонийный, нитриты, нитраты), а также осадка вторичных отстойников.

Важно определять БПК взболтанной пробы сточной жидкости после первичных отстойников, так как эта величина может существенно отличаться от БПК осветленной в лабораторных условиях (в покое) пробы за счет низкого эффекта работы узла механической очистки, выноса иловой воды из двухъярусных отстойников. Величина ХПК дает информацию о возможных сбросах технологических растворов и особенно важна при контроле процесса по величине $БПК_5$, не учитывающей влияние взвешенных веществ на процессы биологической очистки. Снижение концентрации аммонийного азота, появление нитритов и нитратов свидетельствуют о полноте очистки. В общем случае для полной очистки характерно снижение количества аммонийного азота на 20—50 %, наличие нитратов в пределах 2—5 мг/л.

На рис. 6.3 приведено графическое изображение изменения основных параметров, зафиксированное в нормативных материалах в виде таблицы. Путем сопоставления параметров определяют степень приближения эффективности очистки к нормативной.

В пусковой период работы капельных биофильтров производится наращиваиие биопленки путем пропуска разбавленных либо неразбавленных сточных вод с постепенным увеличением расхода в пределах от 30—40 до 100 % от проектной величины. Желательно проводить пуск в теплый период года, чтобы избежать неблагоприятных воздействий низких температур. Интенсивному росту биопленки способствует доставка активного ила или биопленки с действующей станции.

В первый период полезным оказывается возврат осадка вторичных отстойников на биофильтры. Постепенный переход от одного щадящего режима к другому должен быть обоснован показателями полноты очистки сточных вод и микробиологическими показателями состава образцов биопленки, отобранной из разных

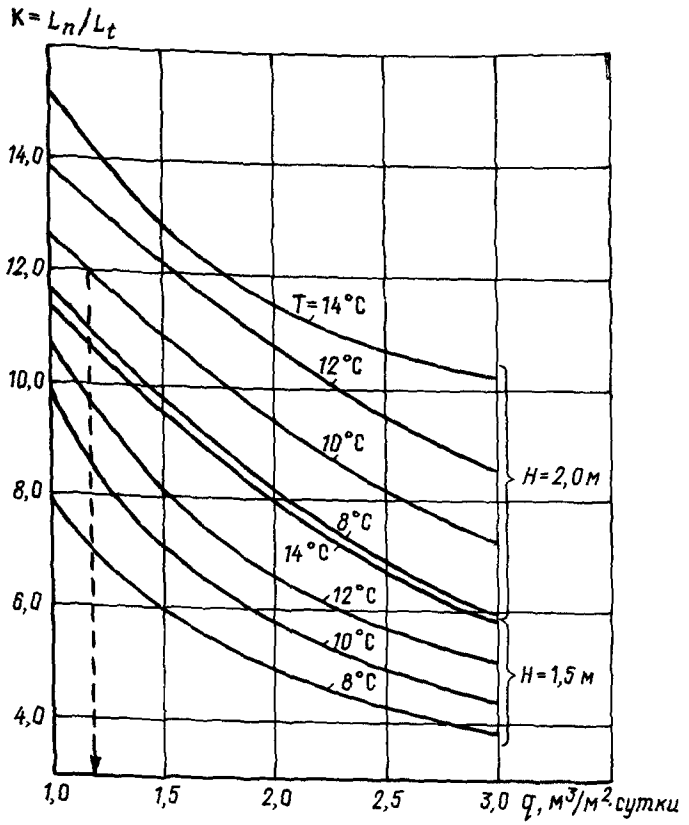


Рис. 6.3. Взаимозависимость параметров работы капельных биофильтров
K — кратность снижения БПК; *T* — температура сточных вод; *H* — высота загрузки; *q* — гидравлическая нагрузка

по высоте загрузки слоев. Оценивается также биоценоз биопленки, задерживаемой во вторичном отстойнике. Переход на проектный режим работы осуществляется при достижении полной очистки в промежуточных щадящих режимах.

Высоконагружаемые биофильтры. В отличие от капельных фильтров высоконагружаемые работают при более высоких плотностях орошения загрузки — порядка 10—30 м³/м²·сут. В условиях нормальной эксплуатации эффективность очистки зависит от качественного состава загрязнений, температуры воды, аэрации загрузки, однородности и крупности загрузочного материала, равномерности орошения.

Качественный состав загрязнений оценивается по БПК и ХПК сточных вод, содержанию взвешенных веществ. Наличие в сточных водах легкоусвояемых веществ, повышенного содержания взвесей

(допустимая концентрация не более 150 мг/л) способствует росту биопленки и возможному заилению загрузки. Резкие колебания температуры сточных вод в течение суток вызывают снижение активности микроорганизмов и требуют адаптации к изменившимся условиям. Аэрацию загрузки трудно оценить количественно, поскольку измерение расхода воздуха в окнах, подающих и всасывающих воздуховодах не гарантирует равномерность распределения его по всей поверхности фильтра. Попытки визуальной оценки равномерности аэрации путем задымления или окрашивания воздуха не всегда приемлемы и безопасны. Аэрация считается достаточной, если в очищенной воде содержится 5—6 мг/л растворенного кислорода (в случае полной очистки оценка дополняется наличием нитритов и нитратов).

Однородность и крупность зерен загрузки в решающей степени влияет на процесс очистки и заиление загрузки. Преобладание относительно мелких зерен будет содействовать увеличению скорости очистки, но в скором времени приведет к накоплению биопленки, закупорке воздушных каналов, заилению загрузки. Более крупная загрузка меньше подвержена заилению, однако снижает эффективность очистки вследствие сокращения площади контакта биопленки и сточных вод. Наиболее опасно размещение мелкозернистой загрузки в приповерхностных слоях, где наиболее интенсивно развивается биомасса микроорганизмов.

Равномерность орошения определяют путем установки невысоких мерных сосудов (поддонов) по наиболее характерным участкам орошаемой поверхности. Скорость наполнения сосудов дает достаточно четкое представление о возможных дефектах оросительной системы. Равномерность выхода жидкости из тела загрузки оценивают таким же способом, но с большими трудностями, возникающими вследствие ограниченности междудонного пространства. Длительность протока воды по отдельным участкам определяют импульсным трассированием всего потока сточных вод либо отдельного плеча (перфорированной трубы) оросителя.

Периодическим определением t возможно оценить интенсивность накопления биопленки в поровом пространстве. Рециркуляция очищенной воды необходима при превышении допустимого значения БПК сточных вод, зависящего от высоты биофильтра. По таблицам СНИП [29] допустимое значение L_0 определится как $L_0 = kL_t$, причем значение k находят по известным величинам гидравлической нагрузки q и температуре T сточных вод в зависимости от режима аэрации. В первом приближении допустимо принимать k при расходе воздуха $B = 8$ м^3/м^3. Обнаруженное превышение фактического значения L_0 над проектной величиной, подкрепленное недостаточным эффектом очистки, даже при избыточной подаче воздуха (более 12 м^3/м^3) служит достаточным основанием для введения рециркуляции. С целью упрощения контроля на рис. 6.4 приведены графики зависимости параметров, составленные на основании нормативных данных. Последовательность

пользования графиками: сначала определяют $K_т$, затем по известной величине k находят значение критериального комплекса F; по величине $F/K_т$ назначаются q и В по известной высоте загрузки H.

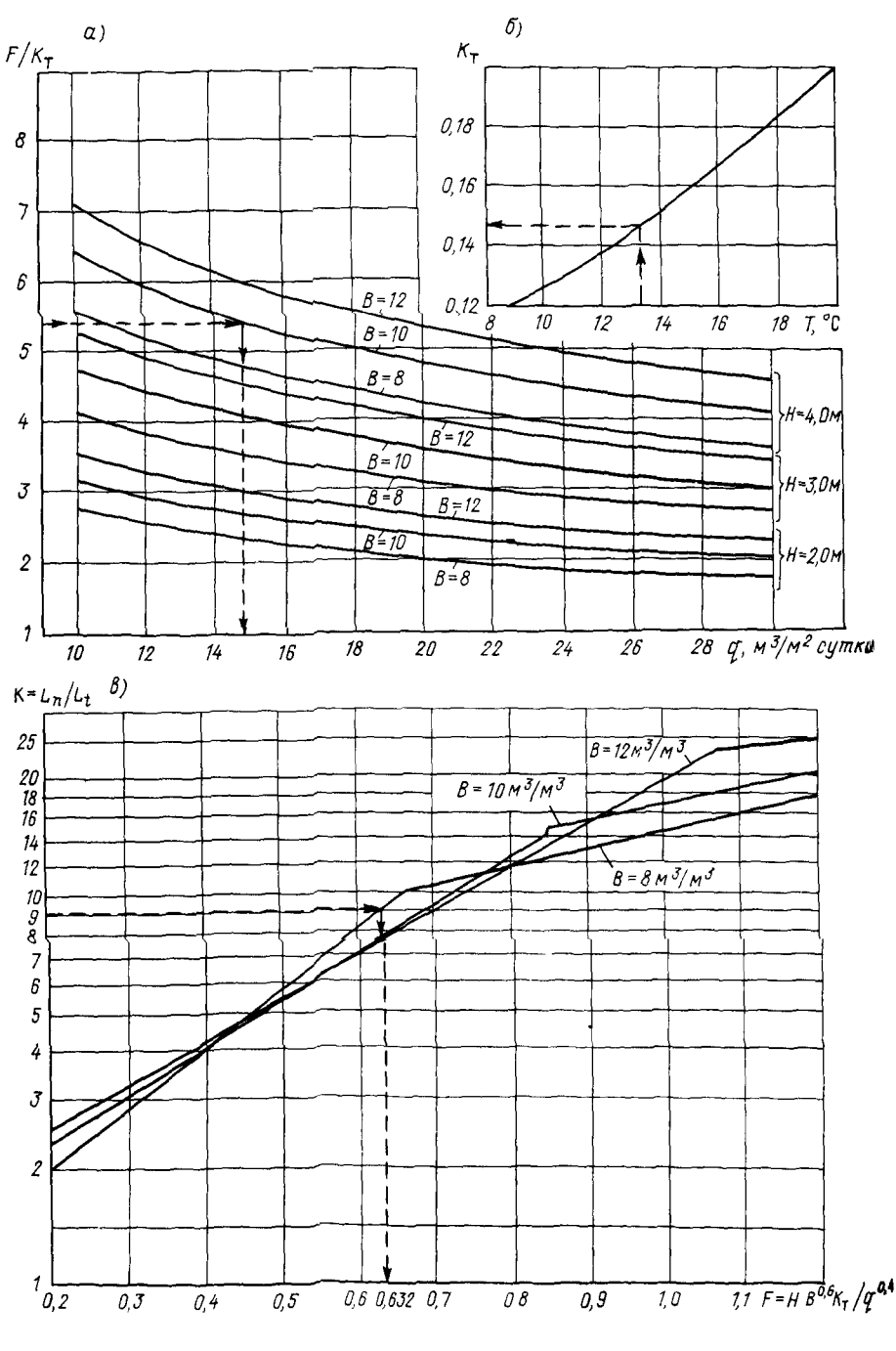
При этом не оставляют без внимания возможность введения рециркуляции очищенной воды. В условиях полной очистки рециркуляция (увеличение гидравлической нагрузки) существенно снижает продолжительность протока и эффект очистки, а неполная очистка сглаживает неблагоприятные воздействия рециркуляции. Если известен график изменения концентрации и расхода сточных вод, то возможно определить оптимальный режим работы биофильтра с рециркуляцией и без нее (в дневные и ночные часы).

Заиление загрузки фильтра характеризуется появлением луж на поверхности и снижением продолжительности контакта воды с биопленкой. Резко нарушается равномерность распределения сточных вод по загрузке. Развивающееся заиление можно обнаружить, периодически проводя определение характера накопления биопленки в слое загрузки на глубине 0,3—0,7 м от поверхности. Для этой цели отрывают шурфы в теле загрузки в разных местах фильтра. Если поровое пространство загрузки интенсивно заполняется биопленкой, а вода при заполнении шурфа фильтруется медленно и в основном за счет растекания по периферии шурфа, то эти признаки могут служить основанием для промывки фильтра. Дополнительная информация может быть получена микроскопированием проб биопленки, отобранной из мест ее скопления. Преобладание анаэробной биомассы, гнилостный запах, относительно низкая встречаемость либо полное отсутствие аэробных индикаторных простейших организмов свидетельствуют о загнивании биопленки в поровом пространстве.

В первый период развития заиления возможно промыть биофильтр интенсивной рециркуляцией, при необходимости с выключением его из работы. Допускается промывка фильтра хлорной водой (доза хлора 100—150 мг/л, остаточный активный хлор 10—15 мг/л). Запущенное заиление ликвидируют штыкованием загрузки, рыхлением гидродинамическими и механическими средствами. После операций по промывке загрузки, особенно в случае применения хлорной воды, необходимо повторное проведение наращивания биопленки. Пуск высоконагружаемых биофильтров в работу мало чем отличается от описанного ранее.

Биофильтры с листовой и рулонной пластмассовой загрузкой. В отличие от зернистых фильтров в этих конструкциях практически исключается заиление загрузки. Вследствие малой продолжительности контакта загрязнений с биопленкой применяют многократную рециркуляцию воды и увеличивают гидравлическую нагрузку — до 20—70 $м^3/м^2 \cdot сут$.

Практикуется замена зернистой загрузки пластмассовой листовой либо рулонной при реконструкции станции. Поскольку


а)
$F/K_т$
8
7
6
5
4
3
2
1
B=12
B=10
B=8
B=12
B=10
B=8
B=12
B=10
B=8
H=4,0м
H=3,0м
H=2,0м
10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 q, м³/м² сутки
б)
$K_т$
0,18
0,16
0,14
0,12
8 10 12 14 16 18 T, °C
в)
$K=L_п/L_t$
25
20
18
16
14
12
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
B=12м³/м³
B=10м³/м³
B=8м³/м³
0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,632 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1
$F=HB^{0,6}K_т/q^{0,4}$

вторичные отстойники не в состоянии пропустить повышенный расход сточных вод (с учетом рециркуляции), то отбор воды для рециркуляции производят до вторичных отстойников, вместе с избыточной биопленкой. Такой способ рециркуляции улучшает работу фильтров, так как заиление загрузки исключено. Пуск в работу, наращивание биопленки, технологический контроль биофильтров с пластмассовой загрузкой производятся так же, как и для других биофильтров.

§ 6.9. Аэротенки

Основная задача эксплуатации аэротенков заключается в культивировании сообщества микроорганизмов, обеспечивающего изъятие и окисление органических загрязнений. Регулируемые параметры процесса — нагрузка на активный ил (количество, мг, загрязнений по БПК на 1 г беззольного вещества в сутки), кислородный режим, возраст ила (отношение массы беззольного вещества активного ила в системе к такой же массе избыточного ила, выводимого из системы в сутки). Температурный режим, сезонность относятся к нерегулируемым параметрам, негативное влияние которых ликвидируется оперативными средствами (изменением соотношения объемов аэротенка и регенератора, возраста ила, кислородного режима).

Нагрузка на ил N определяется соотношением $Q_{сут}L_0/Va\,(1 - S)$, в котором L_0 — БПК сточных вод, V — объем аэротенка, a и S — соответственно доза и зольность активного ила. Нагрузка определяет глубину очистки сточных вод и свойства активного ила. В общем виде взаимосвязь этих параметров отразится соотношением

$$N = 24\rho_{max}L_t/(K_L + L_t) + 24L_t/[ta\,(1 - S)]. \qquad (6.16)$$

Отбросив относительно незначительную часть неокисляемых загрязнений $24L_t/[ta\,(1 - S)]$, из анализа соотношения можем установить, что для снижения БПК очищенной воды L_t требуется уменьшить нагрузку на активный ил. Свойства активного ила обычно выражают в виде уровня интенсивности дыхательных процессов (дегидрогеназная активность — ДАИ) и степенью уплотнения свежевыпавшего ила (иловый индекс I). Взаимосвязь N и I характерна для каждого вида композиций органических загрязнений; для городских сточных вод она приведена в [29] и учитывается в работе вторичных отстойников и в назначении кратности циркуляции активного ила. С повышением I кратность циркуля-

Рис. 6.4. Соотношение параметров работы высоконагружаемых биофильтров

а — зависимость комплекса F/K_T от гидравлической нагрузки q; *б* — зависимость константы K_T от температуры воды T, *в* — зависимость кратности K снижения БПК от критериального комплекса F

ции R ($R = Q_и/Q_{ст}$) возрастает согласно соотношению, установленному исследованиями:

$$R = a/(1000/I - a). \qquad (6.17)$$

Для более простых решений кратность циркуляции, выраженную в процентах от расхода сточных вод, принимают равной $^1/_2$ величины илового индекса, см³/г (например, $R = 40$ % при $I = 80$ см³/г или $R = 150$ % при $I = 300$ см³/г). Кратность рециркуляции ила зависит от типа и конструкции вторичного отстойника (см. § 6.11). Изменение нагрузки вызывает соответствующую перестройку биоценоза активного ила, контроль качества которого устанавливается по составу простейших организмов, наблюдаемых микроскопированием.

В последние годы предпринят ряд попыток составить атласы индикаторных микроорганизмов, характеризующих состояние активного ила.

Кислородный режим устанавливается в зависимости от режимных параметров и качества очищенной воды. Полная биологическая очистка предполагает развитие в той или иной степени процесса нитрификации, для нормального хода которого необходим некоторый избыток растворенного кислорода; концентрация последнего поддерживается на уровне 3—4 мг/л на заключительном этапе очистки. Начало нитрификации обычно отмечается при достижении эффекта очистки 70—80 % по БПК (соответственно для низких и высоких концентраций загрязнений). Средняя концентрация растворенного кислорода C_0 назначается в зависимости от необходимости поддержания расчетной скорости очистки и допустимых энергетических затрат:

$$\rho_{L_0} = \rho_{max} L_t C_0/(L_t C_0 + K_L C_0 + K_0 L_t). \qquad (6.18)$$

Константа K_0, отражающая влияние растворенного кислорода, равна 0,625 мг/л для городских сточных вод. Анализ приведенного уравнения показывает, что существенное снижение скорости очистки наблюдается в области концентрации растворенного кислорода 1,5—2 мг/л и менее. Если исходить из условий надежного ведения процесса, то следует устанавливать среднее значение, равное 2 мг/л, которое является суммой произведений части объема аэротенка на фактическую концентрацию растворенного кислорода. Например, средняя концентрация 1,5 мг/л получена как сумма (0,3·0,5 + 0,2·1,0 + 0,1·1,5 + 0,2·2,0 + 0,2·3,0), в которой 0,3, 0,2, 0,1, 0,2 и 0,2 — участки длины коридора аэротенка с концентрацией кислорода от 0,5 до 3,0 мг/л. Такое распределение подсказывает путь интенсификации процесса — на начальных участках с концентрацией растворенного кислорода 0,5 и 1,0 мг/л можно повысить скорость очистки за счет увеличения интенсивности аэрации.

Средняя концентрация растворенного кислорода обычно назначается равной 0,5—1,0 мг/л в регенераторах, в аэробных минера-

лизаторах и в аэротенках на неполную очистку, 2—3 мг/л — в аэротенках на полную биологическую очистку.

Доза активного ила меняется по сезонам года. В теплое летнее время преобладают процессы энергетического обмена, прирост ила снижается; в холодный зимний период преимущество получают процессы ассимиляции, увеличивается прирост ила, возрастает его доза в аэротенке, соответственно увеличивается и его возраст.

Повышение дозы ила в зимний период укрепляет надежность процесса очистки и стабилизирует сложившийся биоценоз при возможных нарушениях условий эксплуатации сооружений. Избыточно высокая доза активного ила осложняет работу вторичных отстойников, увеличивает вынос с очищенной водой продуктов метаболизма микроорганизмов, снижает активность ила. Влияние дозы ила может быть определено по выражению

$$\rho_{Loa} = \rho_{Lo} \frac{1}{1 + \varphi a}. \qquad (6.19)$$

Если принять значение $\varphi = 0{,}07$ л/г для городских сточных вод, то можно заметить, что увеличение дозы ила с 1 до 3 г/л снижает активность его на 11 %. На практике снижение активности может быть более значительным, поскольку коэффициент ингибирования определен при условии отсутствия лимитирования процесса по массопередаче кислорода и интенсивности перемешивания содержимого аэротенка. По опыту эксплуатации аэротенков с пневматической аэрацией известно, что максимально допустимая концентрация составляет 2,5—3 г/л, а увеличение ее до 4 г/л вызывает интенсивный вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников и ухудшение качества очищенной воды. Следовательно, допустимая доза ила должна быть увязана с работой аэрационного оборудования и вторичных отстойников. Косвенно это обстоятельство учитывается в определении гидравлической нагрузки во вторичных отстойниках.

Способы распределения сточных вод. По структуре потоков жидкости и способу распределения сточных вод возможна работа аэротенков в режиме смешения и вытеснения либо в промежуточном между указанными режиме.

Режим смешения предполагает интенсивное перемешивание сточных вод со всей массой жидкости в аэротенках и отсутствие значительного градиента концентрации загрязнений по длине коридора аэротенка. К этому типу относятся небольшие по размерам сооружения, в которых длина коридора больше ширины в 10—15 раз, а также аэротенки с рассредоточенным впуском сточных вод. Выравнивание скорости процесса очистки по всему объему сооружения облегчает задачу равномерного снабжения кислородом любого участка аэротенка.

Основным недостатком таких сооружений является возможность проскока части неочищенной воды. От этого недостатка

избавляются путем секционирования (разделения на отдельные секции) аэротенков с помощью установки глухих перегородок с переливом жидкости через окна-водосливы. Аэротенки-смесители обладают склонностью к возбуждению «вспухания» активного ила вследствие развития бактерий нитеобразной формы. Аэротенки-вытеснители позволяют предотвратить проскок неочищенной воды, не инициируют «вспухание» ила, но создают затруднения в обеспечении процесса растворенным кислородом на начальных участках сооружения. Режим вытеснения наблюдается при соотношении длины и ширины аэротенка как 30 : 1 и более либо при создании в аэротенке 6—8 отдельных секций (ячеек).

Аэротенки с линейным либо нелинейным рассредоточением впускаемых сточных вод относятся к классу аэротенков-смесителей, предназначенных для очистки стоков со значительной добавкой промышленных примесей. Распределение сточных вод по выпускам обычно выполняется на основе теоретических обобщений и должно быть уточнено в эксплуатационных условиях. Основная цель распределения стоков — создание равномерного фона концентраций на первых по ходу движения воды участках аэротенка. Частота расположения впусков и количество вводимой жидкости зависит от интенсивности перемешивания содержимого аэротенка.

Характер перемешивания может быть установлен путем трассирования потоков простейшими способами. Другая важная функция распределения — создание так называемого «селектора», представляющего собой участок аэротенка, в котором создаются условия для «шоковой» нагрузки активного ила. Кратковременная интенсивная нагрузка ила способствует подавлению нитчатых бактерий, развивающихся в условиях преобладания растворенных легкоокисляемых примесей (загрязнения стоков молочных и пивоваренных заводов, кондитерских фабрик и т. п.).

При решении вопроса о выборе способа подачи сточных вод необходимо провести обследование аэротенка с выявлением поля концентраций загрязнений и растворенного кислорода. Концентрация загрязнений устанавливается определением ХПК в пробах, осветленных кратковременным центрифугированием либо фильтрованием под давлением с целью удаления активного ила из пробы.

Глубокая биологическая очистка сточных вод требует создания определенной обстановки на заключительном этапе. Недопустимо попадание легкоокисляемых загрязнений в конечную часть аэротенка, в связи с чем последний участок изолируют от предыдущих, достигая, по возможности, полного приближения к режиму вытеснения.

Регенерация ила и ее роль. Регенерация ила призвана восстанавливать окислительные свойства ила при неблагоприятных воздействиях на него. К таким воздействиям относятся накопление суспензий и эмульсий (взвешенных веществ, нефтепродуктов, жиров и т. д.), токсичных веществ (тяжелых металлов), трудно-

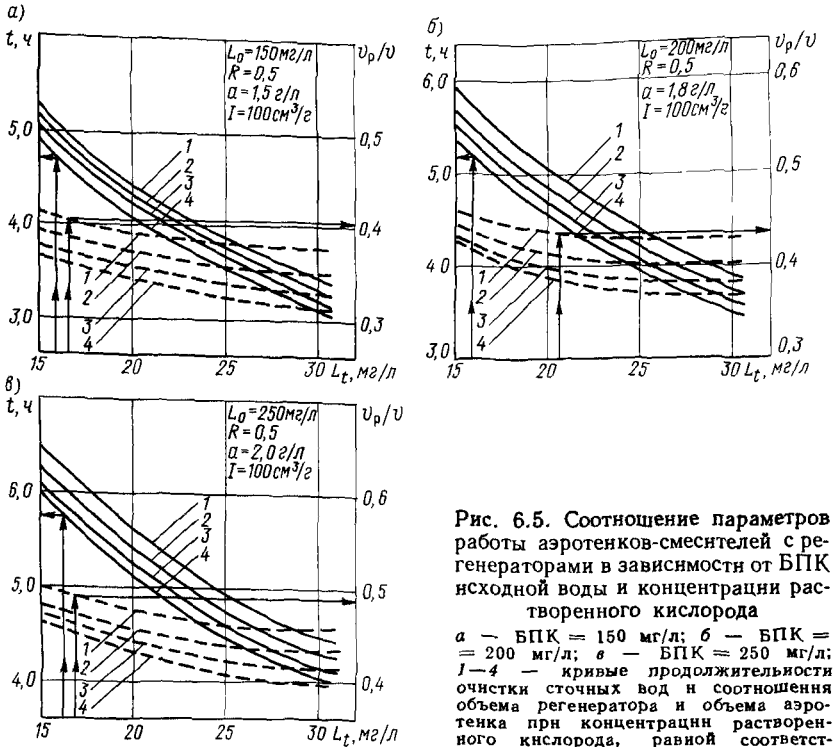


Рис. 6.5. Соотношение параметров работы аэротенков-смесителей с регенераторами в зависимости от БПК исходной воды и концентрации растворенного кислорода

а — БПК = 150 мг/л; *б* — БПК = 200 мг/л; *в* — БПК = 250 мг/л; *1—4* — кривые продолжительности очистки сточных вод и соотношения объема регенератора и объема аэротенка при концентрации растворенного кислорода, равной соответственно 1,0, 1,5, 2,0 и 3,0 мг/л

окисляемых примесей тонкодисперсного характера. Упомянутые накопления в активном иле необходимо либо окислить, либо изъять (например, центрифугированием). Длительность регенерации устанавливают по величине скорости потребления кислорода, видовому составу простейших и их активности, дегидрогеназной активности ила.

Скорость потребления кислорода определяют в респирометрах. В объеме иловой смеси концентрацию растворенного кислорода поднимают аэрацией до 6—8 мг/л, затем отключают аэрацию и вводят соответствующее количество легкоокисляемого субстрата (например, раствор этилового спирта, ацетон и др.). Сравнением скорости потребления кислорода в пробах ила с регенерацией ила и без нее, с добавлением субстрата и без него оценивают глубину регенерации, одновременно сопровождая результаты опытов микроскопированием ила.

Регенератор отделяют от остального объема аэротенка перегородкой или другим способом во избежание попадания загрязненной воды. Улучшение состава простейших при частичной подаче сточных вод в регенератор свидетельствует об избыточности объема регенератора. По характеру смешения в регенера-

торах следует стремиться к смесительному режиму, с тем чтобы более продуктивно использовать его объем и интенсифицировать окисление внеклеточных накоплений. Механизм ликвидации токсических воздействий на ил в регенераторах неясен, поэтому параметры процесса устанавливаются в этом случае экспериментально, на лабораторных моделях аэротенков.

На рис. 6.5 графически изображено соотношение объема регенератора $V_р$ и общего объема аэротенка V в зависимости от БПК поступающей воды L_0, БПК очищенной воды L_t, концентрации растворенного кислорода C_0 (в пределах от 1 до 3 мг/л). На тех же графиках приведено значение суммарного времени очистки t ($t = V/Q_{ст}$) в зависимости от тех же параметров. Графики построены по существующим нормативным данным [29].

§ 6.10. Аэрационное оборудование

Разнообразие применяемого аэрационного оборудования не позволяет составить унифицированные правила эксплуатации аэраторов, в связи с чем основное внимание будет уделено наиболее известным типам аэраторов.

Пневматические мелкопузырчатые и среднепузырчатые аэраторы. В расчетной формуле определяется удельный расход воздуха, рекомендуемый СНиП (м³/м³) [29]:

$$D = z\,(L_0 - L_t)/[K_1 K_2 n_1 n_2\,(C_р - C_0)], \qquad (6.20)$$

где z — удельный расход кислорода, мг/мг; K_1 — коэффициент, отражающий особенности устройства аэратора; n_2 — соотношение между скоростью насыщения кислородом сточных вод и чистой воды.

Несоответствие средней расчетной концентрации кислорода в аэротенке C_0 проектным значениям может быть вызвано прежде всего отличием упомянутых факторов от расчетных, что следует установить в эксплуатационных условиях. Расчетная средняя концентрация C_0 определяется как средневзвешенная величина по отдельным частям аэротенка (части коридоров или целые коридоры, регенераторы, объемы зон взвешенного фильтра аэротенков-отстойников и т. п.) (г/м³):

$$C_0 = \sum V_i C_i / V. \qquad (6.21)$$

Определяя C_0, необходимо обращать внимание на обеспеченность кислородом наиболее ответственных участков коридоров аэротенков: по изъятию органических примесей — начальных участков, по развитию нитрификации — заключительных. В регенераторах наиболее интенсивно потребляется кислород на начальных участках, в связи с чем интенсивное перемешивание и аэрация положительно отражаются на процессе.

Удельный расход кислорода z определен в респирометрических опытах как отношение расхода кислорода к снятой величине БПК. В условиях очистной станции величина z может быть при-

ближенно определена по соотношению количества снятой БПК, за вычетом прироста ила, и количества поданного кислорода:

$$z = n_1 n_2 \text{ОС} V \cdot 24\, d/[Q_{\text{сут}}(L_0 - L_t) - Q_{\text{ии}} L_{\text{и}}], \qquad (6.22)$$

где $Q_{\text{сут}}$, $Q_{\text{ии}}$ — расход сточных вод и избыточного активного ила, м³/сут; $L_{\text{и}}$ — БПК избыточного ила, г/м³; ОС — окислительная способность аэрационной системы в реальных условиях при полном дефиците кислорода, г/м³·ч; d — дефицит кислорода в долях единицы: $(C_{\text{р}} - C_0)/C_{\text{р}}$; V — объем аэротенка, м³.

Очевидно, значение БПК ила $L_{\text{и}}$ является малопонятной величиной, и выражение (6.22) лучше оценивается показателями ХПК сточных вод X_0 и активного ила $X_{\text{и}}$.

В показателях ХПК оно будет выглядеть так:

$$z^* = n_1 n_2 \text{ОС} V \cdot 24\, d/(Q_{\text{сут}} X_0 - Q_{\text{сут}} X_t - Q_{\text{ии}} X_{\text{и}}). \qquad (6.23)$$

Затем следует перевод в единицы БПК:

$$z = n_1 n_2 \text{ОС} V \cdot 24\, d/[(Q_{\text{сут}} X_0 - Q_{\text{ии}} X_{\text{и}})\,\alpha - Q_{\text{сут}} X_t \beta], \qquad (6.24)$$

где α и β — коэффициенты перевода ХПК в БПК для исходной и очищенной воды.

В случае появления нитритов и нитратов в очищенной воде из знаменателя вычитается количество кислорода, вычисленное по стехиометрическим отношениям, затраченное на нитрификацию.

Коэффициент K_1, отражающий влияние типа аэратора и расположение его в аэротенке, определить в чистом виде весьма сложно. Несколько проще установить окислительную способность аэрационной системы ОС, равную произведению $K_1 K_2 C_{\text{р}} D/t$, и по известным значениям K_2 и $C_{\text{р}}$ вычислить K_1. Способы определения ОС приведены в работах [16, 37].

Коэффициент n_2, ответственный за изменение скорости насыщения кислородом иловой смеси (по сравнению с чистой водой), определяют в пробах воды из разных точек аэротенка. Пробы подвергают центрифугированию для быстрого отделения активного ила, инактивируют оставшиеся микроорганизмы (например, солями тяжелых металлов, применяемых в качестве катализатора, в частности $CoCl_2$) и проводят опыт по определению ОС. Влияние активного ила учитывают по известной формуле

$$n_2 = n_2^* - 0{,}13a, \qquad (6.25)$$

где n_2^* — коэффициент, определенный без активного ила; a — доза активного ила в аэротенке, г/л.

В процессе эксплуатации производительность аэраторов может существенно снижаться вследствие неравномерного выхода воздуха по длине аэрационных систем, увеличения скорости выхода воздуха из отверстий и пор при засорении (зарастании) части их, а также появления щелей и неплотностей. Наиболее точным методом оценки работоспособности аэраторов является извлечение их из аэротенков и проверка на чистой воде по окислительной

способности. Неравномерность аэрации определяют путем захвата водовоздушной струи колоколом (перевернутым сосудом) с отводом воздуха к измерительному устройству (ротаметру). Колокол перемещают по аэротенку на понтонах.

Наиболее часто встречающееся нарушение работы пористых пластин и труб наблюдается в период останова воздуходувных машин, когда после перерыва в аэрации не производят продувку подфильтросных каналов и пористых труб. Эксплуатационный персонал забывает о необходимости удаления воды из аэраторов, и это служит причиной разрушения фильтросов и труб при внезапном повышении давления.

Мелкопузырчатые аэраторы, забивающиеся пылью, сажей (от подгоревших смазочных материалов), солевыми отложениями, пытаются обычно заменить среднепузырчатыми аэраторами. Случается, что за счет перераспределения массы органических веществ, израсходованных в результате окисления и перешедших в активный ил, а также снижения концентрации растворенного кислорода и ликвидации процессов нитрификации удается ограничиться теми же воздуходувными машинами. Но это ни в коей мере не является основанием для утверждения, что со временем пористые аэраторы приближаются по эффективности к среднепузырчатым аэраторам. Такое сближение эффективности возможно только при нарушении условий строительства и эксплуатации аэрационных систем.

Расчетами установлено, что мелкопузырчатые и среднепузырчатые аэраторы будут близки по эффективности при заглублении на 10—15 м от уровня воды. Более рациональной выглядит замена дефектных мелкопузырчатых аэрационных систем на тканевые аэраторы съемного типа, позволяющие регенерировать и обновлять тканевые чехлы.

В пневматических аэраторах функции насыщения кислородом и перемешивания жидкости взаимосвязаны. Если необходимо увеличение производительности аэраторов по кислороду, то стремятся к максимально возможному распределению аэраторов по всей площади аэротенка, увеличению площади аэрируемой зоны. Ухудшением условий движения воды в отдельных зонах аэротенка можно пренебречь. С другой стороны, если необходима организация движения воды с целью предотвращения образования застойных зон и отложений ила, следует максимально локализовать аэрационную систему в центре либо вблизи стен аэротенка. Например, при локализации распределенного пристенного аэратора в виде дырчатых труб в аэратор эрлифтного типа, располагаемый в центре аэротенка, скорости движения воды резко возрастают. Такой же эффект наблюдается при расположении аэраторов поперек коридора аэротенка.

Восстановление пропускной способности аэраторов стационарного типа прочисткой, травлением ингибированными кислотами и другими средствами в целом малоэффективно. С этой точки

зрения рационален переход на конструкции аэраторов, позволяющих извлекать либо снимать их для восстановления.

Механические аэраторы. Оптимизация аэраторов по минимуму приведенных затрат, без учета условий профилактики, ремонта и замены, приводит к выбору тихоходных габаритных конструкций, наименее энергоемких, но наиболее неудобных в эксплуатации.

Появляются громоздкие редукторы и моторы-редукторы, рабочий орган резко увеличивает свою массу, затрудняются условия центровки, балансировки, защиты рабочего органа от отбросов, вызывающих дебалансы. Относительно быстроходные аэраторы имеют малые размеры рабочих органов, рассекают либо отбрасывают крупные примеси в сточных водах, легче поддаются центровке и балансировке, требуют меньшего снижения числа оборотов от двигателя к валу аэратора. Эти особенности не следует упускать из вида при проектировании либо модернизации аэрационных систем. В некоторых случаях при относительно низком уровне автоматизации очистной станции, отсутствии ремонтной базы следует отдавать предпочтение менее экономичным, но простым в эксплуатации аэраторам.

Основным в работе механических аэраторов является меньший по сравнению с расчетным срок работы ответственных узлов — передач, уплотнений, подшипников. Тщательная проверка, балансировка, обкатка аэраторов предопределяет длительность работы оборудования без отказов. Практика показывает, что главным условием надежной работы является подготовленный резерв отдельных узлов либо аэратора в целом. Проектной практикой не предусмотрено образование резервов аэраторов, это задача эксплуатационной службы.

По условиям массопередачи эффективность работы механических аэраторов зависит от тех же основных переменных параметров: удельного расхода кислорода, производительности по кислороду, коэффициента снижения скорости растворения кислорода. Удельный расход кислорода изменяется в тех же рамках, что и для пневматических аэраторов. Коэффициент «качества воды» n_2 должен определяться таким образом, чтобы максимально имитировать в лабораторных условиях характер массопередачи: во время эжекции, разбрызгивания либо механического диспергирования. Производительность аэраторов по кислороду может быть проверена на чистой воде либо в производственных условиях методом оценки скорости очистки.

§ 6.11. Вторичные отстойники

Вторичные отстойники после биофильтров выполняют функцию осветления биологически очищенной воды. Задерживаемая биопленка в большинстве случаев направляется на обезвреживание

и обезвоживание, к ней не предъявляется каких-либо требований, за исключением пониженной влажности порядка 96 %. Проектирование отстойников ведут по гидравлической нагрузке q, определяемой гидравлической крупностью $u_б$ частиц биопленки ($q = 3{,}6\eta u_б$).

Вынос взвешенных веществ при полной биологической очистке численно равен $БПК_п$ очищенной воды. При неполной очистке значение концентрации взвешенных веществ на 10—15 % выше, чем величина БПК. Бóльшая часть выносимых взвешенных веществ представлена небольшими скоплениями бактериальных тел. Единица массы их эквивалентна расходу кислорода в 0,6 единицы при определении БПК. Например, при $БПК_п$ и концентрации взвешенных веществ 20 мг/л распределение расхода кислорода примерно таково: 12 мг/л расходуется на дыхание бактериальных клеток, 8 мг/л приурочены к расходу кислорода на окисление остаточных загрязнений.

Вторичные отстойники после аэротенков, помимо осветления воды, выполняют функцию кратковременного уплотнения ила. Продолжительность пребывания ила в зоне уплотнения не должна превышать 40 мин. Обычно ее определяют приближенно по величине объема зоны уплотнения и расходу циркулирующего ила. Такой прием не учитывает способ сбора ила: илососами он отбирается непосредственно с места осаждения, а в случае применения скребков транспортируется к приямку, а затем уже откачивается насосами либо эрлифтами. В связи с указанными причинами минимально допустимая кратность рециркуляции R принимается равной 0,3 при сборе ила илососами, 0,4 — при откачке насосами и эрлифтами, 0,6 — при выгрузке под гидростатическим напором. В зависимости от дозы ила в аэротенке и илового индекса кратность циркуляции изменяется согласно уравнению, приведенному в предыдущем разделе. В основу расчета вторичных отстойников заложен принцип постоянства значения симплекса Ia, символизирующего необходимость сочетания дозы ила с его индексом.

В практике обычно применяют прием снижения дозы ила с ростом илового индекса, однако только в определенных пределах, обусловленных допустимым диапазоном повышения нагрузки на ил. Если снижение дозы может вызвать существенный рост нагрузки на ил и тем самым усилить его «вспухание», то увеличивают кратиость циркуляции без изменения дозы ила.

Вынос активного ила из вторичных отстойников зависит от сочетания ряда факторов и приближенно может быть определен зависимостью

$$K_{взв} = 50 - 100\left(\frac{\lg(4{,}5\eta H^{0{,}8}/q)}{\lg 0{,}1Ia}\right), \qquad (6.26)$$

где η — коэффициент объемного использования отстойников; H — глубина проточной части, м; q — гидравлическая нагрузка, $м^3/м^2 \cdot ч$.

Формула действительна для диапазона I до 150 см³/г и $K_{взв}$ до 50 мг/л (предельный вынос для вторичных отстойников).

Коэффициент объемного использования вторичных отстойников обычно ниже, чем для первичных, что связано с большей продолжительностью отстаивания (1,5—2 ч и более). С увеличением гидравлической нагрузки коэффициент объемного использования возрастает. Для условий полной биологической очистки $\eta = 0{,}45$ для горизонтальных, 0,4 — для радиальных и 0,35 — для вертикальных отстойников.

В этом случае вынос взвеси при $q = 1{,}4 \div 1{,}6$ м³/м²·ч и $I =$ $= 100$ см³/ч будет колебаться в пределах от 10 до 20 мг/л в соответствии с изменением дозы ила от 1,5 до 3,0 г/л.

Излишняя продолжительность уплотнения ила во вторичном отстойнике приводит к его загниванию, ухудшению состава, снижению активности. В условиях развитой нитрификации ил во вторичных отстойниках склонен к всплыванию вследствие насыщения газом (азотом).

Глава V. ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОСАДКОВ

§ 6.12. Метантенки

Метантенки служат для обеспечения свойств стабильности (незагниваемости) осадка при длительном его хранении либо обезвоживании в естественных условиях. Одновременно решается задача подготовки осадка к внесению в почву, так как после сбраживания усвоение элементов осадка растениями улучшается. Выделение газа (биогаза) является сопутствующим процессом, способствующим снижению затрат на подогрев сбраживаемой массы, регулируется в рамках программы обезвоживания, хранения и утилизации осадка и не функционирует самостоятельно и независимо.

Биологический процесс трансформации органических веществ при сбраживании осуществляется комплексом микроорганизмов, ведущая роль в котором принадлежит группе метанообразующих бактерий. Культивирование микроорганизмов этой группы представляет основную задачу службы эксплуатации. Устойчивый ход процесса обеспечивается выполнением ряда режимных параметров, важнейшими из которых являются нагрузка, сохранение и воспроизводство биомассы, условия перемешивания и поддержания температуры бродящей массы.

Нагрузка, ввиду неопределенности массы активной биомассы, вычисляется по отношению к объему сооружения. Связь между величиной суточной нагрузки по беззольному веществу $N_б$ (кг/м³ $\times$ $\times$ сут), дозой загрузки d (%) и продолжительностью t (сут) при заданных величинах влажности осадка W (%), концентрации

сухого вещества C (кг/м³) и зольности S (доли единицы) может быть выражена рядом уравнений:

$$N_б = \frac{d}{100}\left(\frac{100-W}{100}\right)(1-S) = \frac{1}{t}\left(\frac{100-W}{100}\right)(1-S)\cdot 10^3; \quad (6.27)$$

$$d = \frac{Q_{сут}}{V_м}100 = \frac{100}{t}; \quad G_б = Q_{сут}\left(\frac{100-W}{100}\right)(1-S), \quad (6.28)$$

где $Q_{сут}$ — суточный объем осадка, м³/сут; $G_б$ — масса беззольной части осадка, кг/сут; $V_м$ — объем метантенка, м³.

Величина нагрузки условно классифицируется на низкую (до 2 кг/м³), среднюю (3—4 кг/м³) и высокую. Чем выше нагрузка, тем ниже величина фактического распада вещества (при прочих равных условиях). Допустимая разница между теоретическим $Э_т$ и фактическим распадом $Э_ф$ $[(Э_т - Э_ф)/Э_т]$ не должна быть более 0,2. Для упрощенных расчетов возможно принимать, что разница между $Э_т$ и $Э_ф$ не должна быть более 0,25 C для мезофильного брожения, где C — концентрация сухого вещества в осадке, кг/м³: $C = 10\ (100 - W)$ и не более $0{,}22C$ для термофильного режима. Большая разница между теоретическим и фактическим распадом может быть обусловлена не только условиями ведения процесса, но и поступлением больших масс промышленных несбраживаемых примесей. Если таковые отсутствуют, то повышение нагрузки, сопровождаемое снижением фактического распада, свидетельствует о вымывании культуры метанообразующих бактерий, перегрузке имеющейся биомассы, надвигающейся угрозе дестабилизации процесса.

Качество сброженной смеси может быть оценено по остаточному газовыделению при длительном дображивании осадка, содержанию низших жирных кислот [39] и аммонийного азота, щелочности и pH осадка. Образование метана преимущественно идет через трансформацию уксусной (до 85 %) и пропионовой кислот. Нормальное содержание НЖК в сброженном осадке — не более 5—7 мг-экв/л; повышение количества кислот указывает на незавершенность процесса брожения либо на депрессирование его токсическими веществами. Наиболее распространенные депрессанты: соли тяжелых металлов, синтетические ПАВ, нефтепродукты, белковые соединения (навоз свинокомплексов и т. п.).

В реакциях образования метана из органических кислот и углекислоты участвует катион водорода, в связи с чем появление и накопление водорода в газе свидетельствует о разобщении восстановительных реакций и возможных нарушениях процесса. Для контроля могут использоваться показатели pH и содержания аммонийного азота. В результате деструкции азотсодержащих веществ выделяется в среднем 1,2 % аммонийного азота на 1 г/л сухого вещества осадка

При содержании аммонийного азота в иловой воде порядка 500—600 мг/л pH жидкости повышается до 8—8,5. Общая щелочность, в результате изменения соотношения между карбонатной

и гидратной составляющими, не всегда может служить достоверным показателем изменений в ходе брожения.

Выход газа по массе равен количеству сброженного беззольного вещества, что также может служить контролем для баланса входящей и выходящей массы органических веществ. Состав газа в нормальных условиях колеблется мало: 30—35 % CO_2, 60—65 % CH_4, 1—2 % H_2, N_2, CO. В благоприятных условиях выход CH_4 повышается до 80 %, чему способствует перемешивание осадка путем рециркуляции газа, возврат части биомассы в метантенк, повышение количества активных микроорганизмов в объеме сооружения.

Рециркуляция иловой воды либо твердой части осадка является оперативным приемом повышения стабильности работы метантенка и средством борьбы с нарушениями процесса брожения. Биомасса метантенков способна развиваться на поверхности насадки [39], что может быть использовано в практике эксплуатации.

Перемешивание осадка осуществляется с целью выравнивания его состава (как средство борьбы с расслоением массы, образованием корки, равномерным распределением свежего осадка, ликвидации градиента температуры в процессе подогрева). Местные переуплотнения осадков до влажности порядка 90 % приводят к ухудшению выхода газа из микрообъемов, торможению брожения продуктами метаболизма микроорганизмов и т. п. явлениями. Длительность и интенсивность перемешивания выбирают по условиям загрузки и выгрузки осадка, предпочитая проводить загрузку и выгрузку в условиях вытеснительного режима (во избежание проскока несброженного осадка), а подогрев бродящей массы — при интенсивном перемешивании. Формирование графика загрузки, выгрузки, подогрева и перемешивания осадка целесообразно проводить в увязке с узлом обезвоживания осадков, с работой первичных отстойников и илоуплотнителей. Обычно применяют трех- или четырехкратную выгрузку осадка из первичных отстойников, что и определяет цикличность операций на метантенках.

Технологический контроль за работой метантенков включает перечень санитарно-химических показателей состава и количества продуктов. В сыром осадке определяют: объемы осадков из первичных отстойников и избыточного активного ила, их температуру, среднюю влажность, зольность, содержание вредных компонентов (в соответствии с характером стоков промышленных предприятий), изредка содержание жиров, белков, углеводов либо элементный состав осадка. В сброженной смеси определяют влажность, зольность, pH, содержание азота аммонийных солей, количество НЖК, общую щелочность. В зависимости от схемы кондиционирования, обезвоживания и утилизации осадка может потребоваться определение удельного сопротивления фильтрации, гельминтологических показателей, содержания азота, фосфора,

калия и токсических компоиентов, количества семян сорняков.

Эксплуатацию газового хозяйства, включая его утилизацию в местном теплоэнергетическом хозяйстве либо передачу близрасположенным предприятиям, осуществляют согласно правилам, помещенным в восьмом разделе настоящего справочника.

§ 6.13. Осветлители-перегниватели

Осветлители с естественной аэрацией являются отстойными сооружениями, их эксплуатация в целом определяется правилами, изложенными в § 6.5. Некоторое отличие заключается в работе камеры флокуляции и фильтра со взвешенным слоем, формирующимся на уровне нижнего отверстия камеры флокуляции.

Естественная аэрация вызывает градиентную и физико-химическую флокуляцию дисперсных частиц, составляющих взвешенные вещества. Оптимальное количество воздуха, необходимое для перемешивания жидкости и воздействия кислорода воздуха на электростатический заряд частиц, обеспечивается перепадом уровней 0,6 м (между уровнями воды в подающем лотке и в камере флокуляции) и величиной скорости движения воды в центральной трубе 0,7 м/с. Искусственное увеличение расхода воздуха путем принудительной аэрации несколько улучшает процессы флокуляции, но незначительно. Основным фактором является продолжительность флокуляции, необходимую величину которой возможно определить экспериментально путем предварительной аэрации жидкости с последующим отстаиванием в лабораторных условиях. Флокуляция усиливается при подаче избыточного активного ила перед осветлением.

Слой взвешенного фильтра образуется при обеспечении условий выхода жидкости из нижнего отверстия камеры флокуляции (скорость 8—10 мм/с) и равномерного восходящего движения в отстойной зоне (0,8—1,5 мм/с). Резкая неравномерность подачи сточных вод, низкое содержание взвешенных веществ негативно отражаются на структуре взвешенного фильтра. Нормальное содержание взвешенных веществ в фильтре 1—3 г/л. В некоторых случаях применяют искусственное замутнение воды путем рециркуляции осадка для формирования и стабилизации взвешенного фильтра.

Процессы, происходящие в камере перегнивания, имеют общий для метанового брожения характер, но растянуты во времени вследствие более низкой и колеблющейся по сезонам года температуры бродящей массы. Подогрев бродящей массы обусловлен теплообменом между осветлителем и перегнивателем, вследствие чего температура жидкости в перегнивателе обычно ниже температуры сточных вод на 2—3 °С. Цикл брожения в перегнивателе «растянут» на 50—80 сут при средней температуре 12—10 °С

(соответственно 40—20 сут при температуре 15—20 °С) против 10—12 сут в метантенках.

Циклограмма работы перегнивателя включает n-суточный период работы: выгрузку уплотненного сброженного осадка за прошедшие n сут (не более 10 % от общего объема перегнивателя), ежедневную добавку свежего осадка из осветлителя и перемешивание объема перегнивателя в течение 2—4 ч. Длительность цикла в сутках (при ограничении объема выгружаемого осадка 10 %) составит 5—7 сут при температуре 12—10 °С и 4—2 сут при 15 °С.

Следует отметить, что ограничение объема выгружаемого осадка связано с отметкой трубы для удаления осадка, располагаемой на глубине 1,5 м от поверхности. Очевидно, количество осадка, заполняющего кольцевой объем между перегнивателем и осветлителем, будет равен $\pi\,(1{,}5 - h_д)\,(D_п^2 - D_о^2)/4$, причем $h_д$ — остаточный напор, при котором заканчивается выгрузка осадка, $D_п$ и $D_о$ — соответственно внутренний диаметр перегнивателя и наружный диаметр осветлителя.

Уплотнение осадка перед выгрузкой гарантирует удаление сброженного осадка, поскольку несброженные частицы насыщены газом и приобретают плавучесть. Контроль глубины распада вещества ведут по показателям иловой воды: pH, количеству аммонийного азота, НЖК, зольности осадка. Газы брожения не улавливаются, и по ним судить о распаде вещества невозможно.

Для перегнивателей характерно коркообразование, в особенности при сбраживании осадков, содержащих значительное количество растительных остатков. Разрушение корки гидромеханическим способом путем подачи осадка через сопла не гарантировано в тех случаях, когда корка не подвергалась воздействию в течение длительного периода и подсохла. В таких случаях прибегают к использованию ручных шуровок, изготовленных из пластмасс и дерева (во избежание искрения).

§ 6.14. Двухъярусные отстойники

Осадочные желоба двухъярусных отстойников представляют собой горизонтальные отстойники малой длины (за исключением сблокированных септических камер в двух- и трехкамерных сооружениях). Правила эксплуатации горизонтальных отстойников действительны для отстойных желобов. Корка, образующаяся при накоплении всплывающих веществ, удаляется вручную.

Септическая камера по характеру процессов несколько отличается от метантенков. В верхних слоях и частично в средних перемешивание происходит за счет газообразования; в нижних слоях, при влажности осадка 90 % и менее, брожение затухает, а осадок постепенно уплотняется до предельной влажности порядка 86—87 %. Выгрузка осадка является более ответственной операцией, поскольку остается неясным ход брожения в толще осадка, находящегося в септической камере.

Целесообразно проводить выгрузку по величине влажности осадка, учитывая ингибирование брожения высокой концентрацией органического вещества. Исходя из этого принципа, следует выгрузить весь осадок влажностью до 92 %, который практически выбыл из зоны активной жизнедеятельности анаэробных микроорганизмов. Контроль влажности ведут визуальным способом — по характеру течения в трубах или истечения из сосудов (отверстий). Эксплуатационный персонал предварительно обучается для приобретения навыка различать характер течения в зависимости от концентрации осадка и его вязкости.

Выгрузка осадка должна быть умеренной, с тем чтобы в септической камере оставалось достаточное количество зрелого (сброженного) осадка в качестве запаса анаэробной биомассы для затравки и запаса щелочности для нейтрализации кислого осадка в прилегающих слоях. С этой позиции рационально проводить отбор проб с разных глубин септической камеры для определения показателей состава иловой воды: pH, NH_4^+, НЖК, зольности. В случае закисания бродящей массы, обусловленного перегрузкой септической камеры свежим осадком либо нарушением соотношения между количеством свежего и сброженного осадка, возможна перекачка сброженного осадка из другого сооружения либо добавка извести с последующим снижением нагрузки (по осадку) на сооружение до выхода его на нормальный режим работы.

Разрушение и удаление корки ведут вручную. Иногда устанавливают наклонные желоба, на которые перегружают куски разрушенной корки и затем смывают их водой в иловые колодцы, заботясь, разумеется, о предотвращении образования пробок в иловой сети.

Пластичность осадка повышается при добавке избыточного активного ила либо биопленки, но при этом увеличивается риск закисания либо неполного сбраживания массы. Иловая вода, вытесняемая при уплотнении массы, попадает в сточные воды и повышает их БПК и ХПК, что следует учитывать и контролировать путем сравнения БПК и ХПК в пробах воды, осветленной в двухъярусном отстойнике и в лабораторном цилиндре. Соотношение времени отстаивания в сооружении $t_{д.\,о}$ и лаборатории t должно определяться зависимостью

$$t_{д.\,о}/t = \alpha\,(KH/h)^n/K^2, \qquad (6.29)$$

где α — учет влияния вязкости; K — коэффициент использования объема: $K = 0{,}4 \div 0{,}5$; H — расчетная глубина осадочных желобов (сумма высоты прямоугольной части и трети высоты треугольной части живого сечения), м; h — высота лабораторного цилиндра (не менее 0,5 м); n — расчетный показатель степени агломерации частиц взвеси, принимаемый согласно рис. 6.2 [29].

Приближенно возможно принять t равным $^1/_5 t_{д.\,о}$. Сравнением БПК и ХПК проб определяют дополнительные загрязнения от

иловой воды, желательно при равном содержании взвешенных веществ. Если содержание взвеси резко отличается, следует определять БПК и ХПК в фильтрованных пробах.

Глава VI. ОБЕЗВОЖИВАНИЕ И СУШКА ОСАДКОВ

§ 6.15. Уплотнители

Уплотнение осадков первичных отстойников и избыточного активного ила носит различный характер и зависит от технологии дальнейшей обработки смеси. Длительное уплотнение существенно изменяет свойства осадков: изменяется ζ-потенциал частиц (увеличивается по абсолютному значению), ухудшается водоотдача, происходит измельчение агрегатов, развивается кислое брожение, вследствие чего осадок насыщается пузырьками газа и приобретает плавучесть. Данные явления способствуют процессу брожения осадка в метантенках, что предопределяет область применения длительного уплотнения. Краткосрочное уплотнение меньше изменяет ζ-потенциал частиц, способствует сохранению первичной структуры осадка и сохранению лучшей водоотдачи, в связи с чем данный процесс применяется при обезвоживании сырого осадка и избыточного активного ила, а также в случае обезвреживания осадка аэробной минерализацией. Сохранению и повышению положительных свойств твердой фазы способствует флотационное уплотнение избыточного активного ила и смеси его с осадком первичных отстойников.

Краткосрочное гравитационное уплотнение разбавленных осадков первичных отстойников (концентрация 5—6 г/л, влажность 99,5—99,4 %) в смеси с избыточным активным илом из вторичных отстойников (концентрация 4—6 г/л, влажность 99,6—99,4 %) осуществляется в течение 5—7 ч. Влажность уплотненного осадка колеблется в пределах 94—95 %. Перемешивание осадков в период уплотнения мешалками в виде вертикальных стержней диаметром 40—60 мм с окружной скоростью не более 0,1 м/с дает возможность удалить из осадка включения (линзы) свободной воды и газов. Избыточный активный ил заполняет поровое пространство осадка первичных отстойников, вследствие чего общий объем уплотненной массы на 20—30 % меньше, чем при раздельном уплотнении. В сливной воде уплотнителей значения БПК, концентрации взвешенных веществ и биогенных элементов не выше, чем в поступающих сточных водах. Основное внимание следует уделять своевременной выгрузке осадка из уплотнителей, не допуская длительного пребывания в анаэробных условиях и загнивания.

Добавка коагулянтов и флокулянтов повышает качество сливной воды (БПК не выше 100÷150 мг/л, концентрация взвешенных веществ 40—60 мг/л), снижает удельное сопротивление осадка

фильтрации [10]. Обычно применяют дробную подачу коагулянтов и флокулянтов, добавляя 50 % от потребной дозы в узле уплотнения и оставшиеся 50 % непосредственно перед обезвоживанием (соотношение устанавливается экспериментально).

Длительное гравитационное уплотнение избыточного активного ила осуществляется 9—12 ч в радиальных и вертикальных илоуплотнителях. Менее длительное уплотнение, приближающееся по своим параметрам к краткосрочному, производят в течение 5—8 ч для иловой смеси непосредственно из аэротенков, минуя вторичные отстойники.

Уплотненный ил имеет влажность 98 % в вертикальных уплотнителях и 97,3 % в радиальных, что обычно связано с условиями перемешивания и выгрузки уплотненного продукта. В вертикальных уплотнителях при отсутствии перемешивания уплотненный ил медленно сползает в приямок в силу значительного трения вблизи днища, при этом зачастую образуется вихревая воронка, через которую происходит подсос воды и разбавленного осадка. Более низкая влажность уплотненного ила (97 %) достигается при направлении в уплотнитель иловой смеси из зоны отстаивания аэротенков-отстойников (концентрация 4—6 г/л), что обусловлено хорошим состоянием ила при постоянных аэробных условиях, создаваемых во взвешенных фильтрах аэротенков-отстойников.

Сливная вода уплотнителей содержит до 100 мг/л взвешенных веществ, имеет БПК порядка (2—3) L_t, повышенный фон минерального фосфора (от 20 до 50 мг/л). Выделение фосфатов носит устойчивый характер, и на этом явлении базируется ряд способов удаления фосфора из избыточного активного ила.

Активный ил из аэротенков, работающих в режиме развитой нитрификации, в анаэробных условиях интенсивно способствует отщеплению химически связанного кислорода (денитрификацию), вследствие чего выделяется свободный азот и происходит насыщение ила пузырьками газа. Денитрифицирующий ил в теплое время года всплывает на поверхность воды, нарушая процессы уплотнения и загрязняя сливную воду. В этих условиях применяют удаленне сливной воды из средней части уплотнителей.

Флотационное уплотнение активного ила требует создания определенных условий для образования флотокомплекса. Основными факторами являются размер пузырька воздуха и удельный расход воздуха на единицу массы твердой фазы. Этим условиям отвечают напорные флотаторы, создающие давление 0,5—0,7 МПа в активном иле либо рециркулирующей осветленной воде. Уплотнение ила существенно зависит от условий ведения биологической очистки в аэротенках, поскольку нагрузка на ил предопределяет зооглейную активность микроорганизмов, прочность агрегатов и их размеры.

Флотационное уплотнение не продуцирует биогенные элементы, способствует снижению БПК сливной воды (до значений БПК

очищенной в аэротенках воды), увеличению количества нитритов и нитратов при снижении концентрации аммонийного азота. Влажность уплотненного ила 95—97 %.

§ 6.16. Подготовка осадков к обезвоживанию

Подготовку осадков для обезвоживания проводят с целью увеличения влагоотдачи коагуляцией, флокуляцией, реагентно-тепловой и тепловой обработкой.

Коагуляция. Обычно частицы осадков городских сточных вод имеют отрицательный заряд, ζ-потенциал их растет по абсолютному значению при длительном хранении и уплотнении. Изоэлектрическая точка органических осадков находится в области pH = 4÷5.

Введение коагулянтов $FeCl_3$, $AlCl_3$, $FeSO_4$ способствует сдвигу pH в кислую область и нейтрализации ζ-потенциала. Этого можно достигнуть также путем введения кислоты и коагулянта либо одной кислоты. Белковые системы в осадке самопроизвольно коагулируют при pH = 4÷5. Весьма сложно предсказать заранее условия коагуляции и дозировку реагентов. Условия устанавливаются экспериментально на лабораторном стенде.

Определяя скорость уплотнения либо изменение удельного сопротивления осадка фильтрации, находят оптимальные дозы реагентов и условия хлопьеобразования.

Сбраживание осадков в метантенках повышает pH иловой воды до 8—8,5 за счет гидратной и карбонатной щелочности, отодвигая систему от изоэлектрической точки. Сброженные осадки промывают технической (очищенной) водой, удаляя избыток щелочности и тонкодисперсные частицы, обладающие высоким зарядом. Промывка снижает затраты реагентов, но оказывает неблагоприятное воздействие на очистку сточных вод, увеличивая дополнительные загрязнения по БПК и неосаждающимся взвесям на аэротенках; тем самым инициируется повышенный прирост ила. Высокое содержание аммонийного азота (600—800 мг/л) в иловой воде также увеличивает содержание азота в поступающих стоках, причем весьма существенно (на 6—8 мг/л при обычной его концентрации 25—30 мг/л). В условиях жесткого нормирования качества очищенной воды возврат промывных вод и проведение промывки в целом нежелательны.

Усредненные дозы хлорного железа составляют 1,5—3 % для сырого осадка первичных отстойников и 3—4 % для сброженного, 6—9 % — для избыточного уплотненного активного ила и 3—5 % — для сырой смеси. Коагуляция неуплотненных продуктов снижает расход реагентов. Сброженная и промытая смесь осадков требует добавки 4—6 % хлорного железа по сухому веществу осадка.

Упрочнение (сжатие) сформировавшихся хлопьев коагулянта и повышение водоотдачи осадков наблюдается при введении изве-

сти. Частицы извести образуют механическую структуру (скелет) осадка, пластичность его снижается, лучше проходит фильтрация и отжим воды прессованием. Усредненные дозы извести принимают равными 6—10 и 17—25 % соответственно для сырых осадков первичных отстойников и избыточного ила, 9—13 % для сырой и 12—20 % для сброженной промытой смеси осадков.

В совокупности влияющие факторы сведены в формулу И. С. Туровского по определению дозы коагулянта D (%) [35]:

$$D = K\left[\sqrt{R} + \sqrt{\frac{W}{C}\,(0{,}001\text{Щ})}\right], \qquad (6.30)$$

где R — удельное сопротивление, см/г: $R = r \cdot 10^{-10}$; W — влажность осадка, %; C — концентрация сухого вещества в осадке, %; Щ — щелочность исходного осадка, мг/л.

Коэффициент K отражает свойства коагулянта и осадка при их взаимодействии. В случае использования одного коагулянта — хлорного железа для сырых и сброженных осадков $K = 0{,}25$. В сочетании коагулянта с известью значение $K = 0{,}25$ для сброженных осадков и $K = 0{,}30$ для сырых, включая избыточный активный ил.

Сернокислый алюминий уступает хлорному железу в интенсивности снижения удельного сопротивления и продуцирует кек повышенной влажности.

Флокулянты возможно подавать дробно — 50 % на стадии уплотнения и 50 % на обезвоживании либо полностью на стадии подготовки к обезвоживанию. Подробные рекомендации по приготовлению и дозированию флокулянтов приведены в методических указаниях [10].

Камерой хлопьеобразования в схемах вакуум-фильтрации является корыто фильтра, снабженное мешалкой. Такой камеры нет в пресс-фильтрах, а должны быть предусмотрены соответствующие мероприятия по хлопьеобразованию и защите хлопьев от разрушения при транспорте скоагулированного осадка.

Реагентно-тепловая обработка. Относительно быстрое и существенное снижение удельного сопротивления фильтрации сырых осадков достигается при снижении pH до изоэлектрической точки и упрочнении хлопьев осадка тепловой обработкой. Избыточное введение кислоты приводит к перезарядке частиц и ухудшению влагоотдачи. Более рационально вести процесс с меньшими дозами кислоты, не достигая изоэлектрической точки, а формирование и упрочнение хлопьев производить добавкой коагулянтов и тепловой обработкой. Таким образом, возможный вариант обработки сырых осадков будет включать добавку кислоты (серной, как наиболее дешевой) для понижения pH до 4,5÷5 с одновременным введением хлорного железа либо железного купороса, нагрев осадка в течение 2—3 мин до температур 65—80 °С. За счет тепловой обработки pH смеси повышается в среднем на единицу. Нейтрализацию осадка ведут добавкой извести (при вакуум-

фильтровании), частью иловой воды либо сброженной смеси после метантенков (при центрифугировании и пресс-фильтровании). Для нагревания осадка возможно использовать спиральные либо трубчатые («труба в трубе») теплообменники, пароэжекционные установки. Получаемый кек имеет рыхлую структуру, его общий объем сокращается на 30 % за счет понижения влажности (по сравнению с реагентной обработкой). Тепловая обработка гарантирует обеззараживание и дегельминтизацию кека и иловой воды.

Реагентно-тепловая обработка сброженной смеси требует повышенного расхода кислоты на нейтрализацию гидратно-карбонатной щелочности. В этом случае применяют меры по снижению щелочности путем промывки осадка очищенной водой либо технологню минерализации осадков, например, путем одновременного сбраживания и аэробной стабилизации различных потоков. Возможны и другие варианты ликвидации вредного воздействия аэробного сбрасывания на влагоотдачу осадков, основанных на использовании отходов промышленности.

Тепловая обработка. Общеизвестная схема тепловой обработки осадка при температуре 190—210 °С требует больших затрат энергии, продуцирует значительное количество вторичных растворенных загрязнений в иловой воде — до 8—10 г/л по БПК, предъявляет высокие требования к надежности и безопасности работы оборудования. Большей гибкостью обладают схемы двухступенчатого подогрева с промежуточным отделением иловой воды. Учитывая наличие высоконапорного оборудования и повышенных температур, эксплуатацию установок ведут по специальным инструкциям, разрабатываемым применительно к каждому объекту (очистной станции).

§ 6.17. Обезвоживание осадков на вакуум-фильтрах

Производительность фильтров устанавливается по сухому веществу осадка, без учета количества добавляемого вещества с коагулянтами и известью. Формирование слоя осадка на поверхности фильтровальной ткани зависит от свойств обезвоживаемой массы, величины вакуума и скорости вращения фильтра. Свойства осадков достаточно полно описываются показателем удельного сопротивления фильтрованию. Путем подбора дозы коагулянтов и извести снижают удельное сопротивление до $(50—60)\cdot 10^{10}$ см/г, что считается минимально достаточным для работы. Низкое сопротивление осадка улучшает процесс обезвоживания, но при этом обычно резко увеличивается расход реагентов и энергии.

Перемешивание осадка с коагулянтами достигается в отдельных смесителях (коагулянта и извести), хлопьеобразование осуществляется в корыте вакуум-фильтра. Перемешивание массы в корыте регулируется так, чтобы не происходило дробления хлопьев и повышения удельного сопротивления.

Оптимальные условия хлопьеобразования устанавливают экспериментально и периодически проверяют. Для этого заливают в корыто осадок с внесенными реагентами и перемешивают при неработающем барабане, проверяя через заданные интервалы времени удельное сопротивление осадка (и производительность вакуум-фильтрования на наливной воронке). Меняя параметры перемешивания и длительность пребывания осадка в корыте, определяют оптимальные условия для заданной производительности фильтра.

Толщина слоя кека и его влажность связаны с величиной вакуума и частотой вращения барабана. Приближенно рекомендуется скорость вращения барабана сочетать с удельным сопротивлением осадка, принимая продолжительность вакуум-фильтрования $t_{вф}$ пропорциональной удельному сопротивлению r по соотношению типа $t_{вф} = \alpha r$, в котором r принимается в пределах $(20—50) \cdot 10^{10}$ см/г, а $t_{вф}$ — от 1,5—2 до 6 мин. Поскольку время вакуум-фильтрации четко увязано с продолжительностью одного оборота барабана $t_б$, то можно использовать зависимость $t_б = 0{,}15r$ при максимальной величине вакуума 500 мм рт. ст.

Существенная роль принадлежит извести в формировании жесткого скелета в осадке, способствующего повышению влагоотдачи и формированию слоя кека. В условиях образования тонкого слоя влажного мажущегося кека целесообразно, помимо изменения прочих параметров, увеличить дозу извести.

Поддержание необходимой величины вакуума в секциях фильтра зависит от тщательностн укладки фильтровального полотна на барабан. Неплотности, мелкие порезы и прорывы ткани весьма существенно снижают перепад давления и производительность фильтра. Интенсивность отдувки ткани и кека от барабана фильтра связана со свойствами кека и установкой ножа.

Вязкий, мажущийся кек плохо снимается с поверхности ткани. Средствами отдувки улучшить его съем трудно, значительно быстрее это происходит при введении в осадок структурных прнмесей, в том числе влагопоглощающих. В промышленности в таких случаях применяются фильтры с намывным слоем, создающим благоприятные условия для фильтрации осадка и отторжения его от ткани.

Забивание пор ткани, повышение ее сопротивления фильтрации требуют ежедневной промывки ее чистой водой. Фнльтры со сходящим полотном имеют систему непрерывной регенерации ткани. В обычных фильтрах ткань моют в растворах моющих средств, продувают воздухом, производят механическую очистку щетками. Сцепление частичек осадка с тканью в порах обусловлено структурой гидроокисного скелета и зерен извести, в связи с чем растворение структуры кислотой (с ингибитором коррозии) положительно влияет на отмывку фильтроткани. Частоту кислотной обработки ткани устанавливают экспериментально, в среднем режим отмывки составляет 1 раз в 3—4 сут. Способы удаления

примесей из тела ткани могут быть самыми разнообразными в зависимости от наличия реагентов, материалов, приспособлений.

Эксплуатация реагентного хозяйства, вакуум-насосов и воздуходувок описана в других разделах справочника. Пуск и остановка вакуум-фильтров производятся в определенной последовательности.

Вначале запускают вакуум-насосы и воздуходувки по общепринятой схеме, затем подают осадок в корыто и по заполнении его (на 30—40 % от диаметра барабана) плавно открывают задвижки на линии вакуума и сжатого воздуха. Усредненные расходы воздуха: 0,5 $м^3/м^2 \cdot мин$ — на линии вакуума и 0,1—0,2 $м^3/м^2 \cdot мин$ — на линии сжатого воздуха (давление 0,02 МПа). Тонкую регулировку процесса проводят по толщине кека и его влажности.

При остановке фильтра дорабатывают часть жидкого осадка в корыте, остаток сливают в приемный резервуар насосной станции, промывают корыто чистой водой, затем на чистой воде промывают фильтровальную ткань, сливают остаток воды, просушивают ткань, после чего выключают привод барабана, закрывают задвижки и останавливают вакуум-насосы, воздуходувки и насосы фильтрата.

Производительность фильтров оценивается по сухому веществу осадка, поэтому важен тщательный учет объема, влажности и зольности осадка. Производительность вакуум-фильтра может быть определена по формуле (кг/м^2·ч) [35]

$$L = 0{,}24 \left(\frac{100 - W_к}{W_и - W_к} \right) \sqrt{\frac{mP\rho\,(100 - W_и)}{\eta_0 MR}}, \qquad (6.31)$$

где $W_и$, $W_к$ — влажность исходного осадка и кека, %; m — время действия вакуума, % от общей продолжительности фильтроцикла; M — время одного оборота барабана, мин; P — величина вакуума, мм рт. ст.; ρ — плотность осадка, т/м^3; η_0 — вязкость фильтрата, сПз; R — удельное сопротивление осадка фильтрации, см/г.

Интенсификация работы вакуум-фильтров связана главным образом с условиями работы предыдущих узлов (стабилизации осадков и их кондиционирования). В качестве мер, снижающих удельное сопротивление фильтрации, возможно рекомендовать отказ от сбраживания части осадков, уплотнение сброженной смеси с удалением либо аэробной стабилизацией иловой воды, кислотную обработку (понижение pH) сброженных осадков с целью снижения ζ-потенциала.

§ 6.18. Обезвоживание осадков на центрифугах

Характеристики непрерывно действующих осадительных горизонтальных центрифуг со шнековой выгрузкой обезвоженного осадка типа ОГШ приведены в табл. 6.1 [2].

Таблица 6.1. Техническая характеристика центрифуг типа ОГШ для обезвоживания осадков сточных вод

Параметры	Противоточные				Прямоточная
	352К-03	502К-04	501К-10	631К-02	1001К-01
Расчетная производительность, $м^3/ч$:					
без флокулянтов	4—8	6—12	15—25	20—40	50—80
с флокулянтами	1—3	1—3	8—15	15—25	35—60
Наибольший диаметр ротора D, мм	350	500	500	630	1000
Длина ротора L, мм	1000	900	1800	2370	3600
Отношение L/D	2,8	1,8	3,6	3,7	3,6
Максимальная частота вращения ротора, тыс. $мин^{-1}$	4,0	2,6	2,6	2,0	1,0
Максимальный фактор разделения $n^2D/1800$	3100	1950	1950	1400	555
Мощность электродвигателя, кВт	28	28	75	90	100
Масса, т	1,4	1,8	8,0	12,0	17,0

Износ шнеков противоточных центрифуг менее интенсивен, чем у прямоточных, поэтому они используются преимущественно при безреагентном центрифугировании, при котором требуется более высокий фактор разделения.

Надежность работы центрифуг и повышение срока их службы во многом зависит от выделения из обезвоженного осадка крупных и абразивных включений. Содержащийся в осадке песок, не задержанный песколовками, является основной причиной износа шнеков центрифуг. По данным [2], шнеки, изготовленные из стали Х18Н10Т, существенно изнашиваются через 1,5—3 тыс. ч работы. Применяя наплавку шнеков стеллитом, увеличивают срок их службы до 5—7 тыс. ч, а напылением карбидом вольфрама — до 12—15 тыс. ч. Поскольку стоимость шнека довольно значительна (30 % стоимости центрифуги), практикуется периодическая замена шнеков, реставрируемых в заводских условиях.

На центральной станции аэрации Ленинграда организовано проведение наплавки шнеков собственными силами. Для увеличения межремонтного периода работы шнеков особенно тщательно должны эксплуатироваться песколовки, изыскиваются возможности их реконструкции с целью задержания частиц песка крупностью до 0,15 мм либо устанавливаются гидроциклоны для выделения песка из осадка. Отбросы и тряпки должны эффективно задерживаться на решетках.

По опыту центральной станции аэрации Ленинграда, устойчивость работы центрифуг возросла после установки решеток на линии сырого осадка, подаваемого в цех обезвоживания. При нормально работающих песколовках и решетках центрифуги

Красносельской станции аэрации Ленинграда с ротором диаметром 900 мм эффективно работают без ремонта уже свыше 14 000 ч.

Основными технологическими показателями, характеризующими работу центрифуг, являются эффект η задержания сухого вещества (С. В.), концентрация кека $C_к$ и объемная производительность Q.

Для оценки работы измеряются расход центрифугируемых осадков Q, концентрация (или влажность) исходного осадка C_0, кека $C_к$ и фугата $C_ф$, расход флокулянта, затраты электроэнергии. Фактическое значение η вычисляется по данным измерений (размерность — доли единицы):

$$\eta = C_к (C_0 - C_ф)/[C_0 (C_к - C_ф)]. \quad (6.32)$$

Количество фугата $Q_ф$ и кека $Q_к$ удобно вычислять по формулам:

$$Q_ф = Q \left(1 - \eta \frac{C_0}{C_к}\right); \quad (6.33)$$

$$Q_к = Q\eta \frac{C_0}{C_к}. \quad (6.34)$$

В случае износа шнека η понижается, и загрязненность фугата, возвращаемого на очистку в голову сооружений, возрастает. Дополнительный расход очищаемого в этом случае фугата $Q_{экв}$, эквивалентный по загрязненности исходным сточным водам, может быть определен по формуле

$$Q_{экв} = QC_0 (\eta_н - \eta)/C_{ст}, \quad (6.35)$$

где $\eta_н$ — эффект задержания сухого вещества центрифугой с нормальным, неизношенным шнеком (принимается по данным наладки или эксплуатации центрифуг).

Зная фактическую себестоимость очистки сточных вод на станции, можно оценить дополнительные затраты на очистку фугата $Q_{экв}$, вызванные износом шнека. Технологические показатели работы центрифуг зависят от конкретных свойств осадков, осредненные значения параметров приведены в технической литературе [2, 10, 11] и нормативной [29].

Безреагентное обезвоживание на противоточных центрифугах типа ОГШ (с обычным шнеком) смеси сырых или сброженных осадков позволяет задерживать 20—40 % твердых примесей при влажности кека 65—80 %. Высокая степень загрязненности фугата требует дополнительной его обработки.

Добавление к осадкам флокулянтов позволяет повысить эффект задержания сухого вещества до 93—98 %, что устраняет необходимость очистки фугата; потребные дозы флокулянтов $D_{фл}$ при этом составляют 2—5 кг/т массы сухого вещества. В среднем дозы флокулянтов на подготовку к центрифугированию сброженных осадков несколько выше, чем для сырых осадков. Эффективность работы центрифуг даже при обработке одного и того же

типа осадка может существенно отличаться в зависимости от состава поступающих сточных вод, принятой технологической схемы, режима работы сооружений, типа флокулянта, условий его смешения с осадком, конструкции и режима работы центрифуг.

Фактор разделения центрифуг с ротором диаметром от 35 до 60—80 см при безреагентном центрифугировании составляет $\Phi = 2500 \div 1000$. При этом меньшие значения Φ соответствуют более крупным центрифугам. Увеличение Φ обусловливает в определенной степени повышение η и $C_к$. Однако, например, при центрифугировании осадков первичных отстойников увеличение $\Phi > 1200 \div 1400$ становится нецелесообразным, так как при этом η и $C_к$ изменяются незначительно. При центрифугировании активного ила увеличение Φ обеспечивает, как правило, существенное повышение η и снижение $C_к$.

При обезвоживании осадков с применением флокулянтов скорость осаждения частиц резко возрастает, в связи с чем появляется возможность и целесообразность снижения Φ до $500 \div 1000$ и использования крупногабаритных центрифуг. При уменьшении Φ легче обеспечить плавный ввод сфлокулированного осадка, в результате чего уменьшается разрушение хлопьев, несколько сокращается расход флокулянтов и увеличивается срок службы шнека центрифуг.

Исследованиями, проведенными в нашей стране и за рубежом, установлено, что наибольшая эффективность задержания сухого вещества достигается на прямоточных центрифугах [2, 11]. Этот вывод подтверждается также исследованиями и опытом эксплуатации прямоточных центрифуг с роторами диаметром 350, 450, 900 мм в Ленинграде.

Ниже приведены технологические показатели работы прямоточных центрифуг, обобщенные центральной лабораторией управления «Водоканал» Ленинграда. На основе графических зависимостей, приведенных на рис. 6.6—6.14, возможно определить оптимальные условия эксплуатации центрифуг при обезвоживании различных типов осадков городских сточных вод.

Данные рис. 6.6 показывают, насколько лучше обезвоживаются осадки при понижении содержания в них активного ила. Результаты центрифугирования улучшаются также с уменьшением величины илового индекса.

Снижение прироста ила достигается улучшением работы первичных отстойников (преаэрацией с добавкой избыточного активного ила), а также регенерацией ила, допустимым повышением дозы ила в системе «аэротенк—вторичный отстойник». Предотвращение загнивания ила и осадков при длительном хранении или уплотнении улучшает влагоотдачу.

Зависимость η и $C_к$ от концентрации исходных осадков показана на рис. 6.7 и 6.8; заметим, что предварительное хорошее уплотнение осадков, повышение эффективности центрифугиро-

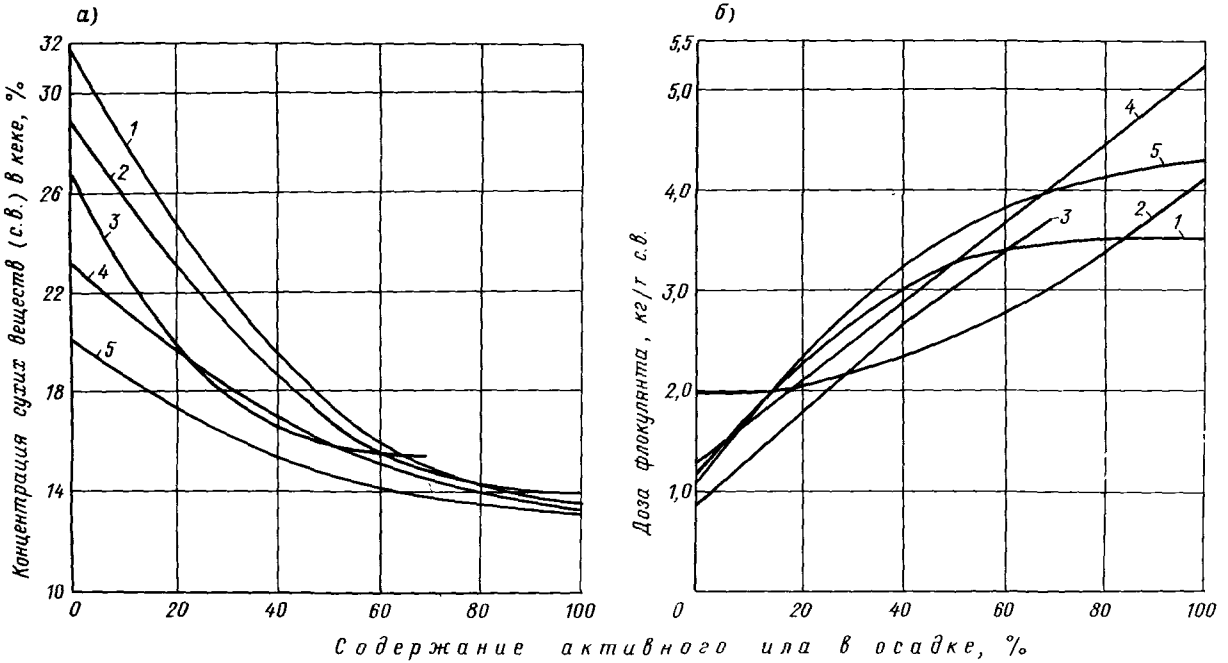


Рис. 6.6. Измеиение коицентрации обезвоженных осадков (*а*) и потребиой дозы флокулянта (*б*) в зависимости от содержания активного ила в центрифугируемых осадках (прямоточные центрифуги)

1 — Нарвской СА; *2* — Колпинской СА (Ленинград); *3* — Пушкинской СА (Ленинград); *4* — Зеленоградской СА (Москва); *5* — Калининской СА (Калинин)

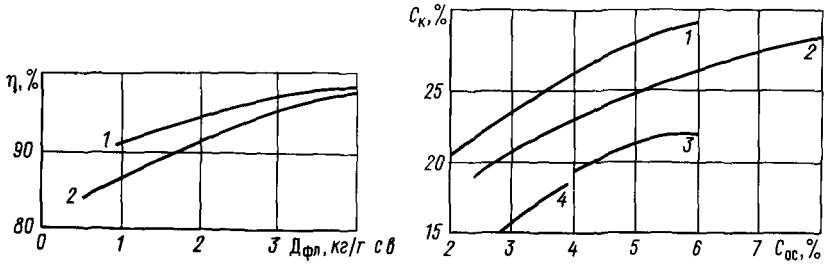


Рис. 6.7. Влияние концентрации сухого вещества в исходном осадке на эффективность задержания (центрифуга противоточная) при концентрациях сухого вещества в исходном осадке
1 — 5 %; *2* — 3 %

Рис. 6.8. Влияние концентрации сухого вещества в исходном осадке на концентрацию кека центрифуг

1 — сброженный осадок первичных отстойников Урицкой СА (Ленинград); *2* — сырой осадок первичных отстойников Центральной СА (Ленинград); *3* — то же, Пушкинской СА (Ленинград); *4* — сырая смесь осадков первичных отстойников и активного ила Зеленоградской СА (Москва)

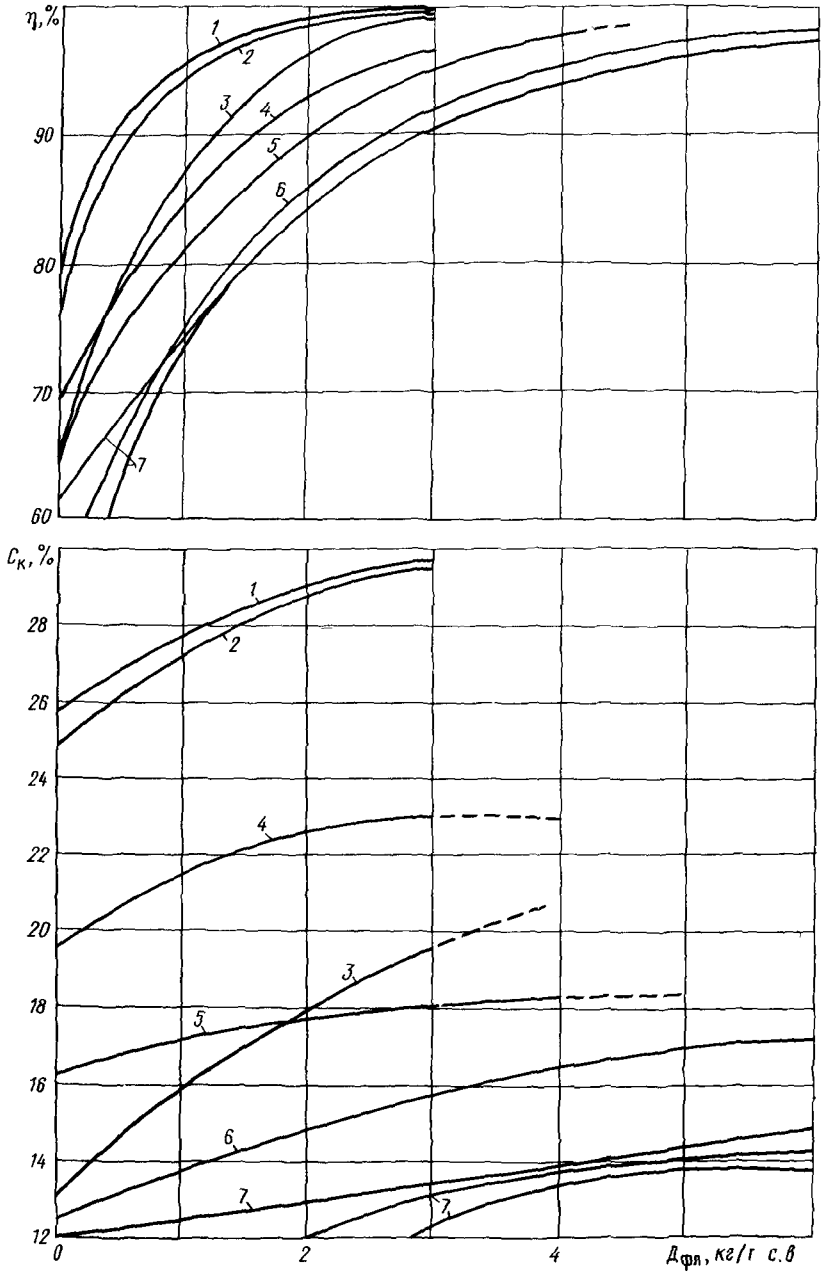
вания сокращает объем обезвоживаемых осадков, расход электроэнергии и флокулянтов. Повышение зольности исходного осадка обусловливает снижение влажности кека: на каждые 10 % увеличения зольности соответственно сокращается влажность кека на 2—2,5 %.

Наиболее легко регулируемыми в процессе эксплуатации параметрами являются доза флокулянта $Д_{фл}$ и производительность центрифуги Q. Влияние $Д_{фл}$ на изменение η и $C_к$ представлено на рис. 6.9. Очевидно, что доза флокулянтов, обеспечивающая эффект задержания сухой массы вещества $\eta \geqslant 95 \div 96$ %, специфична для различных видов осадков. При $\eta \geqslant 95 \div 96$ % концентрация взвеси в фугате обычно ниже 2—2,5 г/л и возврат такого фугата в голову очистных сооружений практически не вызывает их перегрузку. Достижение более высоких значений η возможно за счет значительного увеличения $Д_{фл}$.

В настоящее время практическое применение получило центрифугирование уплотненных сырых или мезофильно-сброженных смесей осадков первичных отстойников и избыточного активного ила. Результаты центрифугирования во многом зависят от состава осадков конкретных станций, от полноты и эффективности

Рис. 6.9. Эффект задержания сухого вещества и концентрации кека различных осадков городских сточных вод при изменении дозы флокулянта на прямоточных центрифугах

1, 2 — соответственно сырой и сброженный осадки первичных отстойников Урицкой и Пушкинской СА (Ленинград); *3* — уплотненная и промытая термофильно-сброженная смесь осадков первичных отстойников и активного ила Люберецкой СА (Москва); *4* — сырая смесь осадка Колпинской СА (Ленинград); *5* — то же, Курьяновской СА (Москва); *6* — неуплотненная термофильно-сброженная смесь после метантенков Люберецкой СА (Москва); *7* — уплотненный активный ил Калининской, Курьяновской, Зеленоградской СА


η, %
90
80
70
60
1
2
3
4
5
6
7
$C_к$, %
28
26
24
22
20
18
16
14
12
0
2
4
Дфл, кг/т с.в

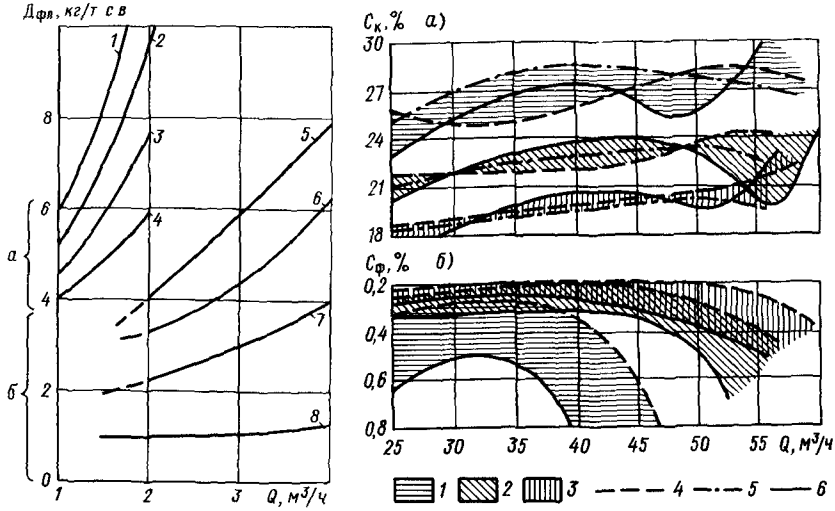


Рис. 6.10. Влияние производительности центрифуг на потребную дозу флокулянта

а — противоточная центрифуга $C_{ос} = 2$ %; *1* — концентрация сухих веществ в фугате 0,22 %; *2* — то же, 0,25 %; *3* — то же, 0,3 %; *4* — то же, 0,35 %; *б* — прямоточная центрифуга; *5* — аэробностабилизированный осадок Калининской СА (г. Калинин), $\eta = 97$—98 %; *6* — термофильно-сброженный осадок Курьяновской СА (Москва), $\eta = 91{,}5 \div 92{,}5$ %; *7* — то же, сырой, $\eta = 96 \div 98$ %; *8* — сброженный осадок первичных отстойников Урицкой СА (Ленинград), $\eta = 98$ %

Рис. 6.11. Влияние подачи осадка в центрифугу на концентрацию сухих веществ в кеке (*а*) и фугате (*б*) при различных относительных скоростях вращения шнека и дозах флокулянта (мезофильно-сброженный осадок $C_{ос} = 3$ %)

1 — дифференциалы скоростей, $\Delta n = 2$ мин$^{-1}$; *2* — то же, $\Delta n = 4$ мин$^{-1}$; *3* — то же, $\Delta n = 6$ мин$^{-1}$; *4* — доза флокулянтов 100 мг/л; *5* — то же, 80; *6* — то же, 60

процесса сбраживания. Необходимо подчеркнуть, что вследствие распада части сухого беззольного вещества, обусловленного сбраживанием, общее количество центрифуг и потребляемых флокулянтов на станциях, где центрифугируются мезофильно-сброженные осадки, ниже, чем на станциях, где обезвоживаются сырые осадки.

Термофильно-сброженные осадки обезвоживаются значительно хуже, и улучшение технологических показателей их центрифугирования может быть достигнуто, как и при вакуум-фильтрации, путем их промывки и уплотнения перед обезвоживанием. При реконструкции действующих станций целесообразность такого мероприятия следует подтверждать технико-экономическими расчетами.

Значительное различие в потребных дозах флокулянта наблюдается при обезвоживании осадков на центрифугах различных конструкций. По данным рис. 6.10 можно уяснить взаимное влияние производительности центрифуги и дозы флокулянта

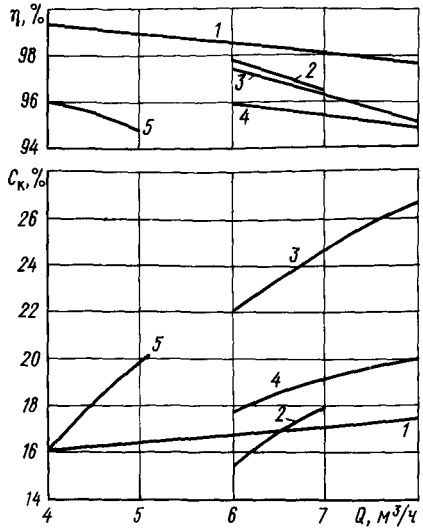


Рис. 6.12. Влияние подачи на эффективность центрифугирования осадков сточных вод

1 — термофильно-сброженная неуплотненная смесь осадков первичных отстойников и активного ила Люберецкой СА (Москва); *2* — сырая смесь осадков Пушкинской СА (Ленинград); *3* — то же, сырой осадок первичных отстойников; *4* — сырая смесь осадков с содержанием 50 % активного ила Зеленоградской СА (Москва); *5* — то же, с содержанием 40 % активного ила

чем выше производительность, тем выше турбулентность, чем меньше продолжительность осветления осадка в роторе, тем большая доза флокулянта требуется для получения заданного эффекта задержания сухого вещества.

Потребность во флокулянтах обусловливает в основном эксплуатационные затраты на центрифугирование осадков сточных вод, поэтому установление оптимальных доз и типа флокулянта для данного вида осадка и типа центрифуги осуществляется путем проведения тщательных экспериментов.

Влияние производительности центрифуги (с ротором диаметром 900 мм) на эффективность задержания сухого вещества и концентрацию кека при различных относительных скоростях вращения шнека и дозах флокулянта представлены на рис. 6.11. Центрифугированию подвергались мезофильно-сброженная смесь осадков первичных отстойников и активного ила. На основании этих данных были выбраны оптимальные параметры режима работы центрифуг: $Q = 35 \div 40$ м³/ч, $\eta = 97 \div 98$ %, $C_к = 21 \div 23$ %, $\Delta n = 5 \div 6$ об/мин. Из рис. 6.11 и 6.12 следует, что с повышением производительности уменьшается эффект задержания сухого вещества и повышается концентрация кека при центрифугировании различных видов осадков сточных вод.

Замечено, что производительность центрифуги зависит также от объема жидкости в роторе, определяемого диаметром сливных отверстий фугата: чем больше объем заполненного осадком ротора (меньше диаметр слива), тем больше производительность центрифуги при одних и тех же значениях эффекта задержания сухого вещества и концентрации кека. Количественное влияние глубины потока в роторе на эффективность центрифугирования некоторых видов осадков сточных вод показано на рис. 6.13. Зависимость эффективности центрифугирования от относительной скорости вращения шнека показана на рис. 6.14.

Оптимальные значения Δn, обеспечивающие наиболее высокую эффективность задержания сухого вещества различных типов

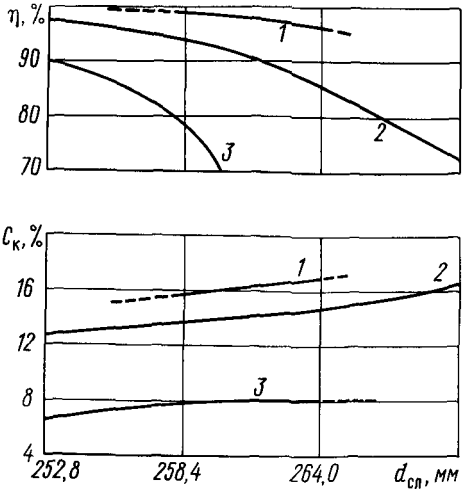


Рис. 6.13. Влияние диаметра слива (глубины потока в роторе) на эффективность центрифугирования

1 — термофильно-сброженный неуплотненный осадок Люберецкой СА (Москва); *2* — сырой осадок Пушкинской СА (Ленинград); *3* — неуплотненный активный ил Светогорского ЦБК

осадков, лежат в пределах 6—12, в то время как для повышения концентрации кека желательно поддержание наименьших значений $\Delta n = 2$.

На ленинградских станциях значение $\Delta n = 6 \div 8$. Как правило, значения η и $C_к$ улучшаются по мере увеличения фактора разделения, асимптотически приближаясь к своим определенным граничным значениям, обусловленным физико-химическими свойствами осадка данного вида. При дальнейшем увеличении Ф эффект разделения понижается.

Учитывая, что износ центрифуг в значительной степени зависит от скорости вращения ротора, т. е. от Ф, в процессе эксплуатации рекомендуется работать при минимально возможных значениях Ф. На ленинградских станциях, например, центрифуги с ротором диаметром 900 мм чаще эксплуатируются при Ф = 500, хотя имеется возможность повышать Ф этих машин до 1000

Приведенные выше зависимости η и $C_к$ от регулируемых параметров центрифуги и особенностей процесса используются для выбора оптимального

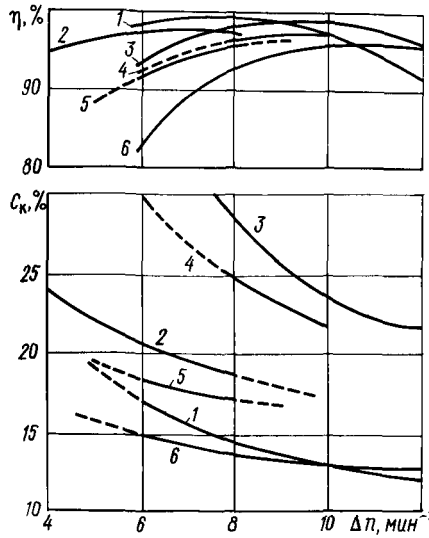


Рис. 6.14. Влияние относительной скорости вращения шнека на эффективность центрифугирования осадков сточных вод

1 — термофильно-сброженная смесь осадков первичных отстойников и активного ила Люберецкой СА (Москва); *3* — мезофильно-сброженная смесь СА Бухенхофен (г. Вуппсрталь, ФРГ); *3* — сброженный осадок первичных отстойников Урицкой СА (Ленинград); *4* — сырой осадок первичных отстойников Пушкинской СА (Ленинград); *5* — сырая смесь осадков Зеленоградской СА (Москва); *6* — то же, Пушкинской СА (Ленинград)

режима работы с учетом схемы общей обработки и утилизации осадков на конкретной очистной станции.

Технологические показатели центрифугирования существенно улучшаются при реагентно-тепловой обработке смеси сырых осадков (коагуляции, нагревании до 70—75 °С, флокуляции); при этом потребная доза флокулянтов снижается в 2—2,5 раза, концентрация кека возрастает на 6—8 % при расходе коагулянтов: $FeCl_3$ — 6÷8 %, H_2SO_4 — 4÷5 %. Потребная доза негашеной молотой извести для нейтрализации кека составляет около 3 %. При такой обработке достигается дегельминтизация осадков. Обслуживание центрифуг проводят по инструкции завода-изготовителя.

§ 6.19. Термическая сушка осадков

Оптимальные условия процесса сушки осадков существенно зависят от характера связи воды с твердой фазой в механически обезвоженном осадке. Для идентификации свойств механически обезвоженных осадков определяют в лабораторных условиях кинетику сушки [35] и находят точки перегиба кривых сушки, соответствующих различным формам связи воды в осадке. Одновременно проводят проверку соответствия условий работы узла механического обезвоживания (дозировки реагентов, перепада давления, влажности кека) параметрам сушки. Меняя состав исходного осадка и приемы оперативной корректировки свойств подсушиваемого продукта (путем добавки сухого материала — ретура), находят условия сушки, соответствующие требованиям к конечному продукту и минимальным затратам энергии.

Барабанные сушилки. Они отличаются низкой производительностью и относительной простотой эксплуатации. Колебания температуры газов на входе в сушилку не приводят к каким-либо неблагоприятным воздействиям, поэтому в установившихся условиях изменение температуры от 700 до 900 °С влияет только на производительность сушилки. Температура газов на выходе связана с требуемой влажностью сухого продукта: 200—250° при влажности сухого осадка 30—25 % и 150—180° при влажности 50—40 %. Пересушка осадка до влажности ниже 15—20 % приводит к подгоранию его, излишнему выходу дурнопахнущих газов, повышению опасности возгорания пылевидных продуктов.

Подвешенные в начале и конце барабана цепи способствуют измельчению осадка, предотвращают налипание на внутреннюю поверхность. При излишней влажности механически обезвоженного осадка применяют возврат части сухого продукта с целью придания ему способности комкообразования. Частота вращения барабана (2—8 $мин^{-1}$) должна обеспечивать своевременное обновление влажной поверхности комков, необходимую крупность частиц высушенного осадка. Устанавливают ее экспериментально. Если гранулометрический состав сухого осадка определяется

сравнительно просто ситовым анализом, то необходимые условия обновления влажной поверхности комков требуют постановки специальной серии опытов с изменением параметров сушки (влажности входящего и выходящего осадка, температуры и интенсивности отсоса газов, запыленности газовых выбросов) для выбора режима с наибольшей производительностью.

Достаточно экономичными режимами считаются те, в которых достигается расчетная нагрузка 55—60 кг испаряемой воды на 1 м³ объема сушилки (при влажности конечного продукта 20—25 %). Если по условиям утилизации допускается высокая влажность подсушенного осадка (45—50 %), то производительность сушилки может быть существенно увеличена, но при условии более интенсивного перемешивания и измельчения подсушиваемой массы в аппарате, применения ретура.

Сушилки со встречными струями. Они работают в условиях интенсивного измельчения и сушки вводимого осадка во встречных струях и режиме аэрофонтанирования. Нормальный режим сушки предполагает подготовку осадка с целью ввода в аппарат, распределение (диспергирование) вводимого осадка, сушку в аэрофонтанном режиме, отделение сухого осадка в сепараторе. Все эти операции взаимосвязаны. Ввод осадка может быть осуществлен при помощи питателей комковатых либо пастообразных продуктов. Пастообразные осадки диспергируются при помощи щелевых, эвольвентных либо тангенциальных насадок. В этом случае предъявляются особые требования к однородности осадка, сохранению реологических свойств.

Комковатость осадков достигается возвратом сухого продукта и перемешиванием его с исходным осадком; для ретура используют тонкодисперсный продукт из центрально-конической части сепаратора. Условия ввода и комкообразования сложно предвидеть заранее, и в период наладки необходимо провести серию испытаний, меняя влажность и количество возвращаемого продукта. Критерием оценки качества подготовки осадка и его ввода могут служить безотказная работа узла смешения и питания, возможность снижения давления воздуха и энергозатрат.

Давление поступающего воздуха связано с температурой газов и требуемым уровнем измельчения материала, связанного с условиями аэрофонтанирования. Взаимная увязка параметров работы этих узлов сушилок представляет основную задачу наладочных работ. Необходимо учесть, что повышение влажности высушенного продукта требует более высоких скоростей истечения газов из сопла и аэрофонтанирования. При влажности исходного осадка 75—80 % и сухого продукта 25—30 % осредненные параметры работы сушилок предусматривают создание скорости истечения газов из сопла 250—300 м/с при температуре газов 750—800 °С. Температура отходящих газов 150—170 °С.

На центральной станции аэрации Ленинграда реализована схема подачи осадка, обезвоженного на центрифугах с примене-

нием флокулянтов до влажности 80—82 %, в сушилку при помощи тангенциальной распылительной форсунки. Влажный осадок винтовым насосом типа 1В20/10, создающим давление порядка до 1,0 МПа, направляется в форсунку, снабженную каналами для распыла осадка в полость разгонных труб. Предварительное смешивание осадка с ретуром не производится, и он остается относительно пластичным. Сушка осадка производится в режиме движения газовой смеси в разгонных трубах со скоростью 100—150 м/с, температура газовой смеси 800 °С. Весь сухой продукт влажностью 50 % выводится на утилизацию. Снижение влажности сухого продукта до 25—30 % при температуре отходящих газов 150° приводило к его подгоранию, образованию дурнопахнущих газов, что, естественно, возбуждало жалобы населения.

В случае забивания форсунки кратковременно отключалась подача осадка через нее, пробка прогорала, а после возобновления подачи осадка работоспособность ее восстанавливалась.

Глава VII. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

§ 6.20. Организация эксплуатации, подготовка обслуживающего персонала

«Нормативы численности рабочих, занятых на работах по эксплуатации сетей, очистных сооружений и насосных станций водопровода и канализации» и другие нормативные документы устанавливают состав, численность и квалификацию обслуживающего персонала.

До назначения на работу работники обязаны пройти специальную подготовку и обучение на рабочем месте. Обязательна проверка знаний по правилам технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест [21], правилам техники безопасности [20], содержанию производственных и должностных инструкций, правилам Госгортехнадзора СССР, правилам технической эксплуатации и безопасности обслуживания электроустановок промышленных предприятий. После первичной проверки знаний производится утверждение в занимаемой должности. Очередные периодические проверки знаний проводят для рабочих ежегодно, для ИТР — 1 раз в 3 года. В случае обнаружения нарушения правил назначаются внеочередные проверки.

Обслуживающий персонал обязан обеспечить постоянное ведение и хранение в комплектном виде технической, эксплуатационной и исполнительной документации, материалов инвентаризации и паспортизации. Подразделения и службы эксплуатации ежемесячно составляют технические отчеты по установленной форме. По материалам месячных отчетов составляются годовые отчеты с анализом показателей работы коммуникаций, сооруже-

ний и оборудования, предложениями по совершенствованию работы. На основе годовых планов разрабатываются перспективные планы развития систем водоотведения, улучшения обслуживания населения, повышения технико-экономических показателей.

§ 6.21. Планово-предупредительный и капитальный ремонты

Система технического обслуживания предусматривает комплекс организационно-технических мероприятий по уходу и надзору за сооружениями и всеми видами ремонтов.

На основе дефектных ведомостей и журналов осмотров и ремонтов оборудования, сооружений и строений составляются планы по срокам и номенклатуре ремонтов согласно «Положению о проведении планово-предупредительного ремонта водопроводно-канализационных сооружений». Порядок технического обслуживания и ремонта машин, оборудования и аппаратов химической промышленности [26] может быть перенесен в практику управлений ВКХ. Выписка из материалов справочника приведена ниже (табл. 6.2). В таблице приняты сокращения: ТО — техническое обслуживание; ТР — текущий ремонт; КР — капитальный ремонт.

Содержание и типовые объемы работ в период проведения ТО, ТР и КР по некоторым видам оборудования приведены ниже.

Таблица 6.2. Периодичность осмотров и ремонта оборудования

Оборудование (тип, марка, краткая характеристика)	Периодичность ТО и ремонта (числитель), продолжительность простоя (знаменатель), ч			Трудоемкость ТО и ремонта, чел.-ч		
	ТО	ТР	КР	ТО	ТР	КР
Воздуходувки						
ТВ-60-1,8	—	720/8	39 560/120	—	6	108
ТВ-80-1,6	24/1	2160/8	8 640/120	1	16	144
ТВ-175-1,6	—	1440/10	34 560/196	—	10	248
ТВ-450-1,08	180/4	2160/4	25 920/196	6	84	256
Нагнетатели						
50-21-1	—	1440/6	25 920/96	—	4	127
200-11-1М (200 м³/мин)	—	2160/6	17 280/136	—	4	168
360-21-1 (375 м³/мин)	—	2160/6	34 560/240	—	4	720
360-22-1 (270 м³/мин)	—	2160/6	34 560/240	—	4	720
450-11-2 (445 м³/мин)	—	1440/6	34 560/168	—	4	720
700-12-1 (700 м³/мин)	—	2160/6	34 560/240	—	4	532
Вентиляторы стальные						
ВВД № 8	240/1	1440/16	25 920/96	1	12	38
ВВД № 9	360/8	1440/8	25 920/96	4	16	80
ВМ 40/750	24/1	720/24	8 640/110	1	38	96
ВМ 50/1000	24/1	720/24	8 640/110	1	38	96

Оборудование (тип, марка, краткая характеристика)	Периодичность ТО и ремонта (числитель), продолжительность простоя (знаменатель), ч			Трудоемкость ТО и ремонта, чел.-ч		
	ТО	ТР	КР	ТО	ТР	КР
Насосы вакуумные						
ВВН-2, ВВН-3	720/8	2160/24	17 280/80	10	24	64
РМК-2	720/8	1440/16	17 280/72	6	26	52
РМК-3	720/8	1440/33	17 280/82	12	42	96
Центрифуги						
ОГШ-352К	24/1	1440/24	17 280/96	1	24	120
ОГШ-500-6Н	720/8	2160/38	17 280/110	10	24	120
НОГШ-1000	720/8	2160/38	17 280/182	10	48	192
Центрифуга «Гумбольдт» (диаметр ротора 1000 мм)	720/8	2160/8	17 280/134	10	16	144
Вакуум-фильтры						
БОУ5-1,75	10/4	4320/41	25 920/114	4	54	127
БОУ-10	720/8	2880/46	25 920/138	6	54	164
БОУ-20	—	2160/48	25 920/138	—	72	164
БОУ-40	—	1440/96	25 920/192	—	84	210
Фильтр-прессы						
ФПАКМ-2,5	720/12	2160/132	25 920/408	26	135	406
ФПАКМ-10	720/12	2160/156	25 920/480	26	154	462
ФПАКМ-25	720/12	2160/192	25 920/576	26	182	546
Печи и печные агрегаты						
Печь барабанная вращающаяся (диаметр 1600 мм, длина 18 100 мм, частота вращения 1,5 $мин^{-1}$, материал — углеродистая сталь)	—	720/18	8 640/192	—	48	960

Воздуходувки и газодувки

Техническое обслуживание. Замена масла и промывка картера подшипников качения. Ревизия муфт сцепления. Проверка состояния подшипников; визуальная проверка фундаментов турбоагрегата и электродвигателя; проверка затяжки фундаментных болтов агрегата и электродвигателя. Для газодувок с редукторами проведение ревизии подшипников редуктора и газодувки, маслосистем, холодильников и маслофильтров с очисткой и промывкой.

Текущий ремонт. Состав работ технического обслуживания. Проверка: состояния редуктора, шестерен и их износа; аксиального и радиального биения рабочих колес; центровки и вибрации газодувки; состояния системы регулирования; износа и крепления деталей ротора; ротора на биение; торцевых и лабиринтных

уплотнений, замена изношенных; состояния баббитовой заливки подшипников и регулировка их зазоров или замена подшипников качения; проверка маслонасоса. Чистка диафрагмы, ротора, рубашки водяного охлаждения и обвязки, крыльчатой и маслодиафрагм. Замер износа шеек ротора и валов редуктора. Центровка агрегата.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Статическая и динамическая балансировка ротора. Ревизия рабочих колес, шестерен маслонасоса, посадочных мест корпуса. Замена при необходимости трубного пучка холодильника, полумуфт, зубчатых пар редуктора.

Насосы центробежные

Техническое обслуживание. Проверка и регулировка осевого разбега ротора. Проверка зазора в подшипниках скольжения, проверка состояния подшипников качения. Перенабивка сальников. Проверка состояния нажимных сальниковых втулок. Осмотр соединительной муфты, набивка смазки. Проверка системы охлаждения и смазки. Проверка крепления насоса и электродвигателя к раме и рамы к фундаменту. Проверка центровки насоса с электродвигателем.

Текущий ремонт. Состав работ технического обслуживания. Шлифовка или замена защитных гильз вала. Ремонт или замена уплотнительных колец рабочих колес и корпуса. Проверка состояния баббитовой заливки подшипников скольжения, регулировка их зазоров, дефектовка подшипников качения. Проверка ротора на биение и его статическая балансировка, проточка и шлифовка уплотнительных колец рабочих колес. Ремонт или замена деталей торцевых уплотнений, разборка, ревизия и при необходимости замена соединительной муфты. Очистка и промывка масляных емкостей подшипников. Шлифовка разгрузочного диска и его шайбы. Осмотр и восстановление резьбовых соединений насоса. Осмотр и восстановление шеек, шпоночных канавок и резьб вала. Ремонт нажимных втулок сальниковых уплотнений, замена маслоотбойных и маслосъемных колец, грундбукс, фонарных колец установочных шпилек, центровочных штифтов. Центровка валов насоса и электродвигателя. Проверка состояния приемного клапана. Обкатка и опробование насоса в работе.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Расточка и загильзовка посадочных мест корпуса насоса под диафрагму, уплотнительные кольца, промежуточные опоры, грундбуксы; нарезка ремонтных резьб, восстановление прокорродированных мест, проточка привалочных поверхностей. Расточка и загильзовка посадочных мест корпусов подшипников, нарезка ремонтных резьб, проточка привалочных поверхностей. Осмотр и замена рабочих колес. Статическая и динамическая балансировка ротора. Ремонт фундамента. Обкатка и испытание насоса.

Центрифуги

Техническое обслуживание. Чистка барабана. Регулировка зазоров. Набивка сальников. Смазка подшипников шнека и замена масла в подшипниках барабана. Проверка крепления болтов, гаек, сопла, центровки валов электродвигателя и редуктора.

Текущий ремонт. Состав работ технического обслуживания. Замена сопла резиновых втулок муфты привода. Проверка состояния режущих кромок ножей и замена изношенных; проверка баббитового слоя подшипников барабана и их шабровка с регулировкой зазоров. Ревизия шнека, гидросистемы, редуктора привода с заменой масла и промывкой картера.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Ревизия тормозов барабана с заменой тормозной ленты, редуктора шнека, масляного насоса, регулировочного клапана и его привода, тахометра. Замена при необходимости ножей, манжет гидросистемы, пальцев и втулок муфты привода, подшипников редуктора привода, подшипников барабана с регулировкой зазора. Промывка и продувка трубопроводов масляной системы.

Фильтр-прессы

Текущий ремонт. Замена сальников, фильтрующих прокладок, кожаных манжет поршня, гидравлического зажима. Осмотр зубчатого зацепления электромеханического зажима. Проверка центровки электродвигателя с редуктором. Замена смазки в редукторе привода.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Ревизия и замена плит, рам, задней упорной и нажимной плит, плунжеров I и II ступеней, зубчатой пары, гайки, винта, сухарей. Замена подшипников качения в редукторе и упорного подшипника электромеханического зажима. Ремонт электромеханического зажима или его замена. Ревизия гидронасоса с заменой изношенных деталей.

Вакуум-фильтры

Техническое обслуживание. Промывка лубрикаторов и маслопроводов, устранение утечек в маслосистеме. Замена масла в редукторах. Осмотр и при необходимости замена смотростекол и прокладок под ними. Проверка состояния полумуфт. Замена или добивка сальников.

Текущий ремонт. Состав работ технического обслуживания. Ревизия шнека и рихтовка ножа. Замена вкладыша среднего подшипника шнека. Ревизия редуктора и вариатора, упорных подшипников барабана. Ревизия планшайбы, при необходимости — шабровка. Замена сальников цапф и распределительной головки.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Вскрытие крышки фильтра, замена ткани и проволоки. Проверка состояния сеток и пазов барабана, замена сеток. Ремонт шнека и правка ножа. Проточка и шабровка планшайбы и распределительной головки. Шабровка вкладышей подшипников барабана, опиловка и зачистка цапф. Замена гибких шлангов. Опрессовка барабана. Замена колес, шестерен и червяков редуктора и подшипников качения через два капитальных ремонта.

Барабаны сушильные

Текущий ремонт. Регулировка бандажных колец на барабане. Осмотр вентиляторов и муфт. Замена сальниковой набивки на запорной арматуре и печи сушильного барабана. Очистка и промывка колпачковых масленок. Осмотр подшипников сушильного барабана и редуктора. Замена смазки в редукторе.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Восстановление или замена бандажных колец сушильного барабана венцовой шестерни, башмаков, упорных роликов, опорных роликов. Замена подшипников, футеровки и форсунок печи сушильного барабана. Ремонт дутьевого и отсасывающего вентиляторов. Ревизия и замена деталей редуктора, направляющих лопастей, обечаек барабанов, запорной арматуры, сальникового уплотнения между печью и барабаном. Центровка, выверка и регулировка узлов и механизмов сушильного барабана.

Трубопроводы

Текущий ремонт. Наружный осмотр. Очистка участков трубопровода от отложений, внутренний осмотр (выборочно). Замер толщины стенок труб, отводов тройников, переходов и т. д. Замена дефектных участков. Испытание на прочность и плотность.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Замена трубопровода или большей его части.

Задвижки стальные и чугунные

Текущий ремонт. Очистка и промывка деталей. Набивка сальников. Прогонка гайки по шпинделю. Испытание на прочность и плотность.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Наплавка, проточка, шлифовка, притирка уплотняющих поверхностей, замена колец, клина, плашек шпинделя. Замер толщины стенки корпуса, крышки при обнаружении коррозии и эрозии.

Задвижки приводов

Текущий ремонт. Смена тяг, штока привода. Наплавка кулачков. Замена подшипников привода, набивка сальников. Испытание на прочность и плотность.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Наплавка и проточка клина, колец. Замена толщины стенки корпуса при обнаружении коррозии.

Вентили

Текущий ремонт. Очистка деталей. Притирка золотника. Набивка сальника. Испытание на прочность и плотность.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Наплавка и расточка уплотнительной поверхности. Расширение гнезда вентиля. Притирка золотника по гнезду. Замена гнезда шпинделя. Наплавка и расточка направляющей крышки корпуса для штока. Замер толщины стенки корпуса при обнаружении износа.

Раздел седьмой

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОПРОВОДНЫХ И КАНАЛИЗАЦИОННЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Глава I. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

§ 7.1. Общие положения

Экономические показатели и надежность работы систем водоснабжения и канализации во многом зависят от правильной эксплуатации насосных станций, обслуживающих эти системы.

Для нормальной эксплуатации на насосных станциях в зависимости от класса надежности их действия необходимо иметь соответствующий резерв насосного оборудования [28].

Расположение внутренних коммуникационных трубопроводов станции должно быть удобным для эксплуатации, осмотра и ремонта, а их пропускная способность рассчитана на возможность подачи насосными агрегатами заданного расхода жидкости как в нормальных, так и в аварийных режимах работы станции. Насосы, их двигатели и трубопроводы должны быть оборудованы необходимой арматурой, регулировочными приспособлениями и контрольно-измерительной аппаратурой. Канализационные насосные станции, кроме того, оборудуются решетками и дробилками для задержания и измельчения отбросов или же комбинированными устройствами (решетками-дробилками), выполняющими одновременно функции решетки и дробилки.

Вновь построенные насосные станции включаются в постоянную эксплуатацию после приемки их приемочными комиссиями, проверяющими качество выполненных работ и соответствие всех элементов сооружений станции утвержденному проекту.

§ 7.2. Организационная структура управления работой насосных станций

Управление работой насосной станции организуется в соответствии с инструкциями, утвержденными тем министерством, в ведении которого находится организация, руководящая эксплуатацией данной системы водоснабжения или канализации.

Режимы работы насосной станции разрабатываются, а оперативное руководство ее эксплуатацией осуществляется диспет-

черской службой, начальником насосной станции и утверждается главным инженером предприятия.

На насосных станциях производительностью 25÷÷150 тыс. м³/сут должен быть организован электромеханический цех или группа, ведающая электромеханическими ремонтными работами.

Цех или группа производит в необходимых случаях ремонт установок, электрооборудования, контрольно-измерительной аппаратуры, устройств автоматики, дистанционного управления и прочего оборудования станции.

На более крупных насосных станциях организуются следующие производственные цеха:

а) цех главного механика, ведающий ремонтом насосного, компрессорного и воздуходувного оборудования станции, теплосиловых установок, грузоподъемных устройств, систем водоснабжения, канализации, центрального отопления, вентиляции и газоснабжения. На канализационных станциях в ведении этого цеха находится также все оборудование отделения решеток (решетки, грабли с приводом, дробилки и пр.). Для ремонта перечисленного оборудования и систем цех главного механика имеет ремонтно-механические мастерские;

б) цех главного энергетика, ремонтирующий все элементы электроснабжения и электрооборудования станции, масляное хозяйство и системы связи. В распоряжении цеха главного энергетика находятся электроремонтные мастерские;

в) цех контрольно-измерительных приборов и автоматики, обслуживающий автоматические устройства и оборудование дистанционного управления, а также обеспечивающий исправное состояние регулирующей и контрольно-измерительной аппаратуры станции;

г) ремонтно-строительный цех, ведающий ремонтно-строительными работами по зданиям и сооружениям станции.

В связи с постепенным переводом водопроводных и канализационных сооружений на максимально возможную автоматизацию работы их оборудования целесообразно создавать при управлении мастерские для централизованного выполнения необходимых ремонтных работ по всему водопроводно-канализационному хозяйству. Сфера деятельности цехов и обязанности работников насосных станций точно определяются «Положениями», которые разрабатываются на каждой станции на основе общих технических правил эксплуатации ее оборудования, штатного расписания и типовых положений, утвержденных соответствующим министерством при обязательном учете местных условий работы каждой насосной станции.

Насосные станции, совмещенные с водозаборными или очистными сооружениями, а также насосные установки, используемые для специальных, производственных или противопожарных нужд объекта, эксплуатируются в соответствии с общими правилами

технической эксплуатации. Особые условия их эксплуатации должны быть оговорены в инструкциях, разработанных для этих сооружений.

§ 7.3. Техническая документация

На каждой насосной станции должны иметься в подлинниках или копиях:

генеральный план участка с нанесением всех сооружений подземного хозяйства;

исполнительные чертежи зданий и размещения оборудования и трубопроводов внутри них;

паспорта насосного, электротехнического и вспомогательного оборудования;

чертежи каждого насоса и его электродвигателя, а также номенклатура запасных частей к ним;

заводские характеристики насосов, электродвигателей и акты их испытания;

техническая инструкция по обслуживанию и ремонту оборудования станции;

должностные инструкции для всего обслуживающего и руководящего персонала станции;

инструкция по технике безопасности и охране труда.

Паспорта на все техническое оборудование станции должны быть составлены в соответствии с инструкциями и по формам, утвержденным соответствующим министерством. В них вносятся записи, характеризующие состояние и эксплуатационные данные оборудования, а также выполненные работы по его испытанию и ремонту. К паспортам должны быть приложены протоколы всех испытаний оборудования и чертежи внесенных в него конструктивных изменений.

Для обеспечения технически правильной эксплуатации оборудования на насосных станциях должна иметься техническая инструкция, которая включает:

правила эксплуатации оборудования станции при нормальной повседневной ее работе и в условиях аварийного режима;

основные положения проведения текущего и капитального ремонтов оборудования станции;

правила эксплуатации контрольно-измерительных приборов, подъемно-транспортного оборудования, а также санитарно-технических устройств здания насосной станции.

Для канализационных насосных станций, кроме того, инструкция включает правила эксплуатации оборудования отделения решеток станции.

В должностной инструкции должны быть указаны:

подчиненность и ответственность работников насосной станции;

права, обязанности и ответственность обслуживающего персонала станции;

порядок приема и сдачи смены дежурным персоналом станции; действия дежурного персонала станции при аварийных режимах ее работы.

Инструкция по технике безопасности и охране труда составляется на основании правил и положений, утвержденных Президиумом ЦК профсоюза и соответствующим министерством. Все инструкции подписываются начальником цеха и утверждаются главным инженером. В каждой инструкции приводится перечень тех должностных лиц, для которых знание данной инструкции и сдача по ней проверочных экзаменов обязательны.

Руководящему персоналу цехов и участков выдается полный комплект действующих инструкций. Кроме того, на каждом рабочем участке должен быть полный набор действующих инструкций, касающихся оборудования данного участка. Все существующие текущие изменения в оборудовании и в управлении его работой надо немедленно отражать в этих инструкциях и сообщать о них под расписку работникам станции, ведающим эксплуатацией данного оборудования. Инструкции должны ежегодно пересматриваться для внесения в них коррективов, вызванных изменениями в схемах и в оборудовании станции.

§ 7.4. Схема коммуникаций насосной станции

Для организации нормальной и надежной работы насосной станции в распоряжении обслуживающего персонала должны быть соответствующие выполненным установкам схемы и чертежи коммуникаций насосной станции и размещения ее оборудования. Вышеуказанные схемы вывешиваются на станции на видном месте. При дистанционном управлении и полной автоматизации работы насосной станции на щит управления выносится мнемоническая схема, отражающая работу всех контролируемых элементов оборудования.

При дистанционном управлении работой оборудования с пульта управляет диспетчер, при автоматизированном — система автоматизированного управления (без вмешательства обслуживающего персонала). Схемы коммуникаций и мнемонические схемы корректируются по мере внесения изменений в оборудование станции и утверждаются в соответствии с местной инструкцией по составлению и утверждению чертежей.

§ 7.5. Обязанности эксплуатационного персонала насосной станции

Обязанности эксплуатационного персонала насосной станции определяются должностной инструкцией. В соответствии с графиками, инструкциями и указаниями диспетчера эксплуатацион-

ный персонал должен обеспечивать наиболее экономичный и надежный режим работы оборудования станции.

Полностью автоматизированные насосные станции, работающие без дежурного персонала, и станции, управляемые из диспетчерской, обслуживаются:

на водопроводно-канализационных предприятиях производительностью до 25 тыс. м³/сут — дежурными слесарями и электриками;

на предприятиях производительностью от 25 до 150 тыс. м³/сут — дежурными по электромеханическому цеху;

на предприятиях производительностью более 150 тыс.м³/сут — специально выделенными электротехниками и механиками.

Персонал, обслуживающий автоматизированные насосные станции, обязан не менее 1 раза в сутки проверять работу оборудования станции, отмечая каждый раз свое посещение и замеченные недостатки в журнале.

Пуск и остановка агрегатов автоматизированной насосной станции осуществляются из диспетчерского пункта, где имеется табло с показанием параметров всех агрегатов станции. Изменять режимы работы автоматизированной станции разрешается лишь в аварийных случаях.

При полностью автоматизированных насосных станциях данные о работе агрегатов регистрируются записывающими приборами. Помимо этого, персонал, производящий периодический осмотр и обслуживание станции, во время своих посещений заносит в ведомость данные о параметрах работающих агрегатов и другого оборудования станции.

§ 7.6. ППО и ППР оборудования насосной станции

«Положение о проведении планово-предупредительного ремонта водопроводно-канализационных сооружений» разработано Министерством жилищно-коммунального хозяйства РСФСР и рассмотрено отделом экономики строительства Госстроя СССР [17].

В «Положении» содержатся: формы дефектной ведомости и журнала осмотров и ремонтов оборудования, сооружений и строений; указания о порядке и сроках проведения ремонтных работ, а также классификация текущего и капитального ремонтов водопроводно-канализационных сооружений. «Положение» является нормативным документом.

Система ППР сооружений и оборудования насосной станции представляет собой совокупность организационно-технических мероприятий по надзору и уходу за сооружениями и по всем видам ремонта, осуществляемым периодически по заранее составленному плану с целью предупреждения преждевременного износа, предотвращения аварий и обеспечения бесперебойной работы насосной станции. Уход за оборудованием и сооруже-

Таблица 7.1. Периодичность осмотра оборудования насосных станций

Наименование оборудования	Периодичность, месяцы	
	осмотров	текущих ремонтов (производятся по мере надобности, но не реже)
Насосы (центробежные, поршиевые и т. д.)	1	3
Воздуходувки, компрессоры	1	2
Воздуховоды, трубопроводы	2	6
Вакуумметры, манометры, вантузы, предохранительные клапаны	1	12
Запорная арматура	2	12
Водомеры	1	24
Механические грабли	1	3
Дробилки молотковые	1	6

ниями должен производиться в соответствии с правилами технической эксплуатации и инструкциями заводов-изготовителей оборудования, с соблюдением требований и правил техники безопасности.

Установленные дежурным персоналом дефекты аварийного характера, а также мелкие неисправности ликвидируются немедленно. В целях своевременного выявления неисправностей, недостатков и износа в оборудовании и сооружениях производятся плановые периодические осмотры (ППО), которые проводятся по календарному плану техническим руководителем цеха или главным инженером вместе с работниками, обслуживающими данное оборудование, и лицами, ответственными за ремонт (табл. 7.1).

По результатам ППО осуществляется запись всех замеченных дефектов в дефектной ведомости (форма 1). Затем на основании этих записей заполняется журнал ремонтов оборудования (форма 2).

Форма 1

Город _____

Предприятие _____

Дефектная ведомость №

на _____

сооружения, трубопроводы, агрегаты и т. д.

Дата составления	Характеристика агрегата, сооружения	Описание дефектов с указанием единиц измерения и количества работ	Меры, необходимые для устранения	Сроки исправления	Наименование и количество полезного выхода материалов	Подпись лица, производившего осмотр

Форма 2

Город _____ Предприятие _____

Журнал осмотров и ремонтов оборудования, сооружений и строений

Дата периодического осмотра	Наименование оборудования, сооружения или строения	Характер необходимого ремонта (текущий, капитальный), перечень намеченных работ	Намечаемое начало и окончание работ	Подпись лица, ответственного за ремонт (предприятия)	Производство работ		
					Время начала и окончания текущего или капитального ремонта	Продолжительность ремонтов (в днях или часах)	№ актов и дата приемки объектов капитального ремонта

Ремонтные работы, направленные на поддержание и восстановление первоначальных эксплуатационных качеств оборудования, подразделяются на ремонты текущий и капитальный.

Текущий ремонт предполагает устранение мелких повреждений и может быть профилактическим и непредвиденным. Профилактический ремонт планируется на основании описей, составленных при ППО; план его проведения утверждается либо руководителем цеха, либо главным инженером насосной станции или производственного управления. Непредвиденный ремонт заключается в срочном исправлении мелких эксплуатационных повреждений. Текущий ремонт осуществляется силами ремонтных цехов и производится за счет эксплуатационных расходов.

К капитальному ремонту элементов насосной станции относятся работы по смене их крупных деталей и узлов в случае необходимости, а также по замене их на более прочные и прогрессивные. При проведении капитального ремонта целесообразно модернизировать оборудование станций. Осуществляется капитальный ремонт за счет соответствующих амортизационных отчислений.

Планирование работ по капитальному ремонту производится техническим руководителем или главным инженером предприятия на основании дефектных ведомостей, составленных при ППО, записей в журналах дежурств, рапортов о дефектах, заключений специальных комиссий и т. д. Квартальный и годовой планы капитального ремонта по объекту утверждаются управлением или трестом в конце II квартала предшествующего ремонту года с учетом периодичности работ, которая принимается в соответствии с «Положением о проведении ППР водопроводно-канализа-

Таблица 7.2. Периодичность осмотра и ремонта оборудования

Тип, марка насоса	Периодичность ТО и ремонта (числитель) и продолжительность простоя (знаменатель), ч			Трудоемкость ТО и ремонта, чел.-ч		
	ТО	ТР	КР	ТО	ТР	КР
Консольные типа К8/18, 1,5К-8/19, 2К-20/30, 3К-45/30, К-20/30, К-45/30	—	1440/8	17 280/56	—	8	32
Консольные типа 3К-9Г-2А, 3К-6Ц, 4К-8, 4К-18, 4К-6, 4К-90/85, К 90/35	—	1440/8	17 280/72	—	8	65
Консольные типа 8К-12, К-160/30, К-290/30	—	1440/8	17 280/72	—	16	84
Двустороннего входа:						
Д 200-36	—	2160/12	25 920/48	—	22	80
Д 200-50	—	2160/19	25 920/83	—	24	80
Д 320-70	—	2160/19	25 920/83	—	24	80
Д 630-90	—	2160/19	25 920/83	—	24	96
Д 1250-65, Д 800-57, Д 2500-62	—	2160/19	25 920/83	—	24	96
Артезианские, подача 600 м³/ч, напор 28—85 м вод. ст.	720/80	—	25 920/194	6	—	127
Скважинные для воды ЭЦВ 10-160-65, ЭЦВ 12-160-65	—	1440/12	25 920/83	—	24	96
Фекальные, подача 14,5—57,5 м³/ч, напор 9,5—58 м	720/8	—	8 640/168	8	—	112
Фекальные 4ФВ-9, подача 80—144 м³/ч, напор 10,5—100 м вод. ст.	720/8	—	8 640/180	8	—	120
Фекальные ФГ-540/45, подача 160/540 м³/ч, напор 10—95 м вод. ст.	720/8	—	8 640/194	8	—	127

ционных сооружений». В этом же источнике приводится перечень основных видов работ по текущему и капитальному ремонтам оборудования и сооружений насосных станций, а также порядок оформления проектно-сметной документации на производство капитального ремонта, организацию работ по капитальному ремонту.

Ниже приведены некоторые нормативы на техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонт, изложенные в справочнике «Система технического обслуживания и ремонта оборудования предприятий химической промышленности» [26] (табл. 7.2).

§ 7.7. Учет работы насосных станций

Учет работы основного механического и энергетического оборудования станции должен осуществляться с помощью следующих основных технико-экономических показателей:

расхода воды (сточных вод), перекачиваемого насосной станцией;

расхода воды на непроизводительные потери и на собственные нужды станции, выраженного в абсолютных величинах, а для водопроводных насосных станций — также в процентах от общего количества поданной воды;

расхода электроэнергии, топлива, пара на подачу воды или перекачку сточной жидкости, определяемого в общем количестве в виде удельного расхода на 1000 м³ и 1000 т·м поданной насосной станцией воды или сточной жидкости; расход электроэнергии, топлива или пара определяется для всей станции в целом, а также по машинным цехам и по отдельным агрегатам станции;

расхода электроэнергии, топлива, пара на собственные производственные и бытовые нужды станции (в абсолютных величинах и в процентах к общему их расходу);

продолжительности работы и простоя насосов и электрооборудования, а также их коэффициента использования;

качества топлива и смазочных материалов.

Форма учета технико-экономических показателей работы станции разрабатывается соответствующим министерством и утверждается Центральным статистическим управлением.

На насосной станции по утвержденным технико-экономическим нормам ежесуточно должен составляться отчет за предыдущий день и не позднее 12 ч дня передаваться главному инженеру производственного управления или треста. Месячные, квартальные и годовые отчеты представляются руководством станции в вышестоящие инстанции в установленные ими сроки. Анализ работы оборудования и станции в целом, а также предложения по совершенствованию работы станции должны обсуждаться на производственных совещаниях.

Технико-экономические нормы эксплуатации оборудования должны базироваться на прогрессивных методах его использования. На каждой станции следует применять систему премирования обслуживающего персонала за выполнение и перевыполнение плана, экономию электроэнергии, топлива и смазочного материала, за безаварийную работу.

С целью увеличения материальной заинтересованности работников предприятий и организаций коммунального хозяйства в повышении качества и производительности труда Государственным комитетом Совета Министров СССР по вопросам труда и заработной платы и Президиумом ВЦСПС № 121/11—9 от 28.04.72 утверждено «Типовое положение о премировании работников предприятий и организаций коммунального хозяйства, переводимых на новую систему планирования и экономического стимулирования», которое было введено в действие с 01.07.72.

На основании этого «Положения» руководитель управления по согласованию с комитетом профсоюза издает приказ о премии-

ровании работников подведомственных управлению предприятий и организаций. Показатели, условия и размеры премирования устанавливаются ежегодно при утверждении годового плана.

§ 7.8. Техника безопасности

Правила безопасности при устройстве, эксплуатации и ППР водопроводных и канализационных насосных станций в отношении общих требований к их устройству, требований к освещению, отоплению и вентиляции, размещению и ограждению оборудования и его обслуживанию, к организации работы насосных станций и особых требований к их устройству и эксплуатации в настоящее время определяются «Правилами безопасности при эксплуатации водопроводно-канализационных сооружений» (приказ № 106 МЖКХ РСФСР от 24.03.69) [4]. Указанные правила техники безопасности утверждены Президиумом ЦК профсоюза рабочих местной промышленности и коммунально-бытовых предприятий. Разработанная на основании данных «Правил» с учетом местных условий инструкция по технике безопасности должна быть вывешена на насосной станции на видном месте.

Персонал, связанный с электрохозяйством станции, кроме того, должен знать и выполнять правила безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, утвержденные Министерством энергетики и электрификации СССР [22].

Инструктаж по вопросам техники безопасности оформляется личной подписью работника станции, удостоверяющей знание им правил техники безопасности. Знания персонала станции в указанной области проверяются комиссией.

Начальники цехов, участков, мастерских и лабораторий обязаны выполнять все мероприятия, необходимые для безопасного производства работ, руководить инструктажем рабочих в отношении безопасных методов работы и проверять выполнение ими инструкций по технике безопасности, охране труда и санитарному надзору.

В установленные сроки на насосных станциях должны испытываться и освидетельствоваться аппараты и сосуды, находящиеся под давлением, а также все грузоподъемные устройства.

§ 7.9. Ответственность за аварии при эксплуатации

За аварии, происшедшие во время эксплуатации насосных станций, ответственность обслуживающего персонала устанавливается судебным путем или в административном порядке. Лица, виновные в возникновении аварии, несут также и материальную ответственность в виде лишения премиальной оплаты за качество работы.

Обслуживающий персонал отвечает:

машинисты, мотористы, дежурные у щита и другие работники, непосредственно обслуживающие оборудование, — за каждую аварию и повреждение порученного им оборудования или за действия, ставшие причиной аварии на другом участке;

старший дежурный персонал, дежурные техники и др. — за неправильные действия подчиненного им персонала, приведшие к аварии или повреждению основного оборудования, а также за несоблюдение подчиненным им персоналом правил и инструкций по эксплуатации оборудования;

мастера и персонал, ведущий ремонт оборудования, — за некачественное и несвоевременное проведение ремонта, а также за аварии оборудования, происшедшие вследствие некачественного проведения ремонта;

начальник насосных станций и цехов — за все аварии, происшедшие на станции и в цехе, возникшие как по вине эксплуатационного, так и ремонтного персонала, а также за аварии, вызванные несвоевременным проведением противоаварийных мероприятий и планово-предупредительного ремонта.

Степень виновности перечисленных работников в возникшей аварии устанавливается специальной комиссией, назначаемой управлением или трестом, которая излагает свое решение в акте.

Глава II. ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ И НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

§ 7.10. Общие положения

При эксплуатации насосных станций и агрегатов следует выполнять все общие требования в отношении организации, изложенные в главе I настоящего раздела.

Каждый насосный агрегат, а также агрегат вспомогательного оборудования должен иметь порядковый станционный номер, нанесенный на его корпус белой краской, и металлическую табличку с указанием завода-изготовителя, заводского номера и основных технических данных.

Центробежные насосы должны иметь рабочие характеристики, снятые на стенде завода-изготовителя и периодически (не реже одного раза в 2 года) уточняемые путем испытания насоса в производственных условиях.

В случае параллельной или последовательной работы насосов на станции должны быть указаны характеристики их совместной работы, полученные на основе данных испытаний.

На видном месте на насосной станции вывешиваются схемы электропитания оборудования станции и расположения агрегатов с указанием коммуникационных трубопроводов и установленной на них арматуры.

Подводка всасывающих труб к насосам должна обеспечивать свободное удаление воздуха из них. Установка приемных клапанов на конце всасывающих линий насосов применяется лишь при диаметре линий не более 200—250 мм у насосов I подъема, забирающих воду из чистого отделения водоприемного колодца. В остальных случаях у водопроводных насосов на конце всасывающей линии предусматривается открытая воронка. Установка приемных клапанов у фекальных насосов не допускается.

В случае, если вода подводится к насосу под давлением или насосы имеют общие всасывающие линии, у всасывающего патрубка каждого насоса устанавливается задвижка.

В зависимости от величины избыточного давления (отрицательного, положительного или переменного) на расстоянии двух диаметров от входного патрубка к трубопроводу присоединяются вакуумметр, манометр или мановакуумметр с трехходовым краном. К напорному трубопроводу на расстоянии двух диаметров от выходного патрубка насоса присоединяется манометр с трехходовым краном.

За выходным патрубком насоса устанавливается обратный клапан и задвижка. Согласно указанию СНиП [29], на канализационных насосных станциях при давлении в напорном трубопроводе не более 0,3 МПа установка обратного клапана у насоса не требуется. Однако для упрощения пуска насосов, особенно на автоматизированных насосных установках, при давлении ниже 0,3 МПа обратный клапан у насосов большей частью ставится.

Задвижки всех диаметров, включенные в схему автоматизированного или дистанционного управления работой агрегатов насосной станции, а также все задвижки диаметром 400 мм и более должны иметь электрический или, в частных случаях, гидравлический привод.

Открытые вращающиеся части насосных агрегатов, создающие угрозу травматизма для обслуживающего персонала при эксплуатации оборудования, должны быть ограждены кожухами, а подшипники насосов защищены от попадания в них грязи и воды.

Установка и эксплуатация грузоподъемных устройств осуществляются в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов» [23].

§ 7.11. Пуск насосов и их остановка

В распоряжении обслуживающего персонала должны быть технические правила пуска, эксплуатации, остановки и снятия характеристик насосов.

Перед эксплуатацией насосной станции следует в первую очередь проверить возможность пуска насосов при открытой напорной задвижке на получающуюся при этом перегрузку электро-

двигателей насосов и возникающий в сети гидравлический удар. В случае невозможности пуска насосов автоматизированных установок с открытой задвижкой в схеме пуска следует предусмотреть операции по ее открытию после пуска насоса и закрытию до его остановки.

Остановка насоса должна осуществляться только после закрытия напорной задвижки насоса. Задвижка на всасывающем трубопроводе насоса (при ее наличии) при пуске его, эксплуатации и остановке должна быть полностью открыта.

При подготовке к пуску лопастного насоса с электроприводом неавтоматизированной насосной установки необходимо предварительно проверить:

наличие в подшипниках насоса достаточного количества смазочного материала, а при кольцевой смазке подшипников — также положение смазочных колец на валу насоса;

набивку и затяжку сальников насоса (вал насоса должен легко проворачиваться вручную); если вал насоса не проворачивается вручную, то затяжку крышек сальников следует несколько ослабить;

состояние муфтового соединения двигателя с насосом и защитного ограждения у соединительной муфты;

соединение пускового устройства: при асинхронных электродвигателях с фазовым ротором необходимо проверить чистоту контактных колец, исправность рычага для поднятия и опускания щеток, убедиться, включен ли пусковой реостат в обмотку ротора двигателя.

После выполнения указанных операций, если насос не поставлен «под залив», его заполняют перемещаемой жидкостью одним из следующих способов:

если насос имеет на конце всасывающей линии приемный клапан, то его непосредственно заполняют перемещаемой жидкостью через обводной трубопровод, в обход обратного клапана, из запасного резервуара, объем которого определяется из условия возможности произвести двухкратную заливку насоса, или из какой-либо другой водопроводной системы, в которой постоянно имеется вода;

на водопроводных насосных станциях часто насосы заполняют водой посредством создания во внутренней их полости разрежения, для чего используются эжекторы или водокольцевые вакуум-насосы типов КВН, ВВН или РМК.

Воздуховод, по которому отсасывается воздух, присоединяется к наивысшей точке корпуса насоса с установкой вентиля для отключения воздухопровода по окончании заливки насоса. После вентиля устанавливается «глазок» — стеклянная вставка в обойме для наблюдения за процессом заливки.

При заполнении всасывающего трубопровода и насоса путем создания вакуума с помощью водокольцевого вакуум-насоса во избежание нагрева воды в последнем и для пополнения ее убыли

вакуум-установка снабжается специальным циркуляционным резервуаром. Если заливочный насос перемещает загрязненную жидкость, то дополнительно устанавливается предохранительный резервуар, предотвращающий попадание в вакуум-насос загрязнений, которые могут повлечь за собой его преждевременный износ.

Последовательность пуска насоса вручную при заполнении его водой путем создания разрежения с помощью вакуум-насоса следующая:

отключается с помощью трехходового крана манометр во избежание деформирования его полой спирали;

если вода для гидравлического уплотнения сальников подается от постороннего источника, то открывается вентиль на трубопроводе, подводящем воду к сальникам;

открывается вентиль на воздухопроводе и включается в действие электродвигатель вакуум-насоса;

после появления воды в «глазке» воздухопровод и вакуум-установка с помощью вентиля отключаются от насоса;

включается электродвигатель насоса;

после приобретения агрегатом нормального числа оборотов включается манометр и проверяется давление, создаваемое насосом; если насос обеспечивает давление ниже нормального, то электродвигатель останавливается, и процесс пуска повторяется; если манометр показывает, что насос создает нормальное давление, то его включают в обслуживаемую сеть, открывая задвижку (если насос был включен в действие при закрытой задвижке на его напорном патрубке);

выключается электродвигатель вакуум-насоса.

При наличии в вакуум-установке предохранительного резервуара вода, поступившая во время заливки насоса в резервуар, спускается в канализацию.

При непосредственной заливке насоса перемещаемой жидкостью (через обводной трубопровод и т. д.) внутренняя полость насоса и всасывающий трубопровод оказываются под избыточным давлением, имеющимся в источнике водопитания. В данном случае до начала заливки необходимо с помощью трехходового крана отключить вакуумметр во избежание деформирования его полой спирали и, следовательно, порчи прибора.

При пуске насосов и их остановке с пульта управления из диспетчерской на полностью автоматизированных насосных станциях периодическая проверка неисправности насосных агрегатов и их готовности к пуску производится дежурными работниками соответствующего цеха или группы (см. § 7.5). Пуск и остановка насосов этих станций осуществляются приборами автоматизированного управления по соответственно разработанной программе.

При остановке агрегата насосной станции любого класса надежности действия независимо от вида управления работой агрегата (ручного или автоматизированного) необходимо предва-

рительно закрыть задвижку на запорном патрубке насоса и лишь тогда выключить электродвигатель насоса. Затем следует прекратить подачу воды к сальникам насоса, если она осуществляется от постороннего источника водопитания. В случае остановкн насоса на длительный срок необходимо освободить его от заполняющей жидкости и произвести консервацию в соответствии с указаниями, имеющимися в инструкции завода-изготовителя по эксплуатации насосов.

§ 7.12. Эксплуатация насосных агрегатов

Эксплуатация насосных агрегатов и вспомогательного оборудования должна производиться по специальным инструкциям, разработанным для данной станции.

При эксплуатации насосных агрегатов должна вестись суточная ведомость (форма 3), в которую надлежит заносить сведения о времени пуска и остановки агрегата, перебивке сальников, температуре масла и смене его в подшипниках, работе вспомогательного оборудования и т. д. На насосных станциях с постоянно присутствующим обслуживающнм персоналом в суточную ведомость через определенные промежутки времени, не превышающие 1 ч, заносятся также показания всех измерительных приборов: вакуумметра, манометра, амперметра, ваттметра, счетчика электрической энергии и водомера.

Перед первым пуском насоса после установки или консервации необходимо удалить из подшипников имеющуюся там смазку (путем промывки их бензином) и заменить ее свежей. В течение первого месяца работы насоса эту операцию рекомендуется повторить 2—3 раза. Замену смазки с промывкой подшипников следует производить через каждые 1000 ч работы насоса. Надо помнить, что слишком обильная смазка ведет к нагреву подшипников, температура которых не должна превышать 70 °С.

Не допускается включение насоса в работу без воды, а также длительная работа его (более 3 мин) при закрытой задвижке на

Форма 3

Суточная ведомость эксплуатации насосного агрегата № _____

за _____ месяц _____ 19____ года

Дата	Смена	Агрегат		Сменено масло (добавлено), ч-мин	Перебиты сальники, ч-мин	Ремонт		Показания приборов								Примечание
		пущен, ч-мин	остановлен, ч-мин			поставлен, ч-мин	принят и пущен, ч-мин	манометра	вакуум-метра	водомера	ваттметра	амперметра	вольтметра	счетчика	указателя уровня масла	

напорном патрубке насоса, так как это может привести к выходу насоса из строя. Запрещается также регулировать подачу насоса во время его эксплуатации задвижкой, установленной на всасывающем трубопроводе; задвижка во время работы насоса должна быть полностью открыта. Насосный агрегат должен работать плавно, без вибраций и ненормального шума.

При работе насосных агрегатов следует внимательно следить за работой сальников. В качестве набивки сальников следует употреблять мягкую, упругую, пропитанную салом хлопчатобумажную плетенку; применение пеньковой набивки не рекомендуется. Срезы отдельных колец сальниковой набивки надо устанавливать под углом 90° друг к другу. Подтягивание сальников (как всасывающего с гидравлическим уплотнением, так и напорного) следует производить так, чтобы вода просачивалась из них редкими каплями.

В процессе эксплуатации с целью предотвращения перегрева электродвигателей необходимо следить за показаниями амперметра или ваттметра, а также за степенью нагрева его корпуса.

Эксплуатация насосного агрегата воспрещается:

при ненормальной вибрации вала;

при температуре подшипников выше допустимой;

при появлении явно слышимого металлического звука, отличающегося от кавитационного шума;

при неисправности отдельных деталей агрегата, могущих вызвать поломку или аварию.

Канализационные насосы следует останавливать для чистки, как только их подача снизится по сравнению с нормальной на 5—8 %. После каждой остановки канализационный насос должен быть очищен от засорений.

Резервные насосные агрегаты на станции необходимо опробовать не реже 1 раза в 10 дней. Работу насосных агрегатов с одинаковой рабочей характеристикой следует постоянно чередовать.

Характерные виды неполадок в работе центробежных насосов и возможные причины их возникновения приведены в табл. 7.3.

Поскольку причин возникновения каждой неисправности может быть несколько, то в каждом случае истинную причину сле-

Таблица 7.3. Основные неполадки в работе насосных агрегатов

Неисправности	Причины неисправности
Насос после пуска в работу не подает воду	Заливка насоса проведена недостаточно тщательно; потребный напор выше расчетного; чрезмерная высота всасывания; закупорка трубки гидравлического уплотнения всасывающего сальника и просачивание воздуха через него; артезианский насос неправильно установлен по отношению к динамическому уровню подземных вод

Неисправности	Причины неисправности
Подача насоса в процессе работы уменьшается	Уменьшение числа оборотов насосного агрегата из-за падения напряжения в электросети; просасывание воздуха через сальники в корпус насоса; увеличение высоты всасывания насоса; засорение рабочего колеса насоса; увеличение сопротивления напорного трубопровода; механические повреждения: износ уплотнительных колец, повреждение рабочего колеса
Напор, создаваемый насосом, в процессе работы уменьшается	Разрыв напорной части насоса; уменьшение числа оборотов насосного агрегата из-за падения напряжения в электросети; просасывание воздуха через сальники в корпус насоса; механические повреждения: износ уплотнительных колец, повреждение рабочего колеса
Перегрузка двигателя насоса	Неправильная сборка насоса; механические повреждения насоса или двигателя; повышение напряжения в электросети; потребный напор в сети меньше расчетного
Насос при работе вибрирует, слышится шум	Нарушение центровки агрегата; ослабление болтов крепления агрегата к раме; прогиб вала; заедание вращающихся частей; износ подшипника; ослабление креплений трубопровода насоса; недопустимо большая высота всасывания насоса
Недопустимый нагрев корпуса насоса, сальника, подшипников	Насос длительное время работал при закрытой задвижке; крышка сальника затянута сильно или с перекосом; нагрев подшипников может быть вызван количеством и качеством смазки в подшипнике, сработкой вкладышей подшипника, чрезмерной затяжкой вкладышей подшипника

дует устанавливать путем анализа показаний всех измерительных приборов, которыми оснащен насос, и последовательного исключения некоторых из причин осмотром агрегата и других элементов установки.

§ 7.13. Технические правила снятия характеристик центробежных насосов

Технические правила испытания динамических насосов с целью установления их характеристик определяются ГОСТ 6134—71.

Испытания в эксплуатационных условиях для уточнения характеристик насосов должны проводиться не реже 1 раза в 2 года. При этом устанавливаются:

напорная характеристика Q—H, определяющая зависимость напора H, создаваемого насосом, от его подачи Q при постоянном числе оборотов насоса;

энергетические характеристики Q—N и Q—η, выражающие зависимость мощности N и коэффициента полезного действия η насоса от его подачи Q при $n = \text{const}$; определение напорной и энергетических характеристик следует проводить одновременно;

кавитационная характеристика $Q - \Delta h_{доп}$ ($Q - H_{вак}^{доп}$), определяющая связь между допустимым кавитационным запасом (допустимой вакуумметрической высотой всасывания) и подачей насоса (при n = const); она устанавливается в условиях эксплуатации лишь в случае необходимости проверить всасывающую способность насоса и при наличии у насоса задвижки, позволяющей регулировать давление у входного патрубка насоса; процесс получения кавитационной характеристики насоса подробно изложен в ГОСТ 6134—71.

Перед снятием характеристик следует предварительно измерить диаметры трубопроводов, проверить вертикальность положения приборов для измерения давления и вычислить постоянные измерительных приборов.

Для построения напорной и энергетических характеристик насоса при не менее чем 16 подачах насоса производят замеры показаний приборов с целью определения параметров $Q_{оп}$, $H_{оп}$, $N_{оп}$ и $\eta_{оп}$ насоса.

Считка или автоматическая запись показаний приборов должны производиться не дольше 15 с. Последовательность записи приборов при всех режимах работы насоса должна быть одной и той же.

Замеры производятся с интервалом по подаче не более 8 % от номинальной подачи насоса и регулируются с помощью задвижки, расположенной на отводящем трубопроводе установки. Для центробежных насосов испытания начинаются с нулевой подачи и доводятся до максимально возможной. Испытание других типов динамических насосов (осевых и др.), наоборот, следует начинать с максимальной подачи.

В условиях эксплуатации определение параметров насоса для установления его напорной и энергетических характеристик производится способами, приведенными ниже.

1. Скорость вращения агрегата измеряется тахометром или автоматическим счетным устройством с числом оборотов за время 6—15 с.

2. Подача насоса определяется на выходе из насоса после отбора жидкости на охлаждение, промывку и смазку его элементов. Подача насоса в условиях эксплуатации может измеряться объемным способом, с помощью водослива, электромагнитным расходомером, но наиболее часто для этой цели используется сужающее устройство. В последнем случае подача насоса определяется по формуле

$$Q_{оп} = K_{с.у} \sqrt{\Delta h}, \qquad (7.1)$$

где Δh — перепад давлений в сужающем устройстве, который измеряется прибором класса точности не ниже 1, при этом шкала прибора должна использоваться не менее чем на 2/3; $K_{с.у}$ — постоянная сужающего устройства, определяемая в основном путем тарировки или расчета.

3. Для определения напора, создаваемого насосом, измеряется давление на входе и выходе из насоса. Напор, создаваемый насосом, вычисляется по формуле

$$H = z_н - z_в + (P_и \pm P_в)/\rho g + (v_н^2 - v_в^2)/2g, \qquad (7.2)$$

где $z_в$, $z_н$ — вертикальные отметки положения приборов при положительном избыточном давлении, соответствующие центру трехходового крана, устанавливаемого непосредственно под измерительным прибором, а при разрежении — точке присоединения вакуумметра или мановакуумметра; $P_в$ и $P_н$ — давление по показаниям приборов, соединенных соответственно со всасывающим и напорным патрубками насоса; ρ — плотность перекачиваемой жидкости; $v_в$, $v_н$ — скорости движения жидкости в соответствующих патрубках насоса; знак «—» соответствует положительному избыточному давлению, знак «+» — разрежению.

При испытании насоса на входе должны применяться приборы давления класса точности не ниже 2,5, на выходе — не ниже 1,6. Приборы давления выбираются таким образом, чтобы при испытании насоса шкала прибора использовалась не менее чем на 2/3.

4. Мощность насоса в условиях эксплуатации определяется с помощью одного трехфазного или двух однофазных образцовых ваттметров и устанавливается в дальнейшем по формуле

$$N_{оп} = \eta_{дв} N_{подв.\ дв}, \qquad (7.3)$$

где $N_{подв.\ дв}$ — мощность, подводимая к клеммам двигателя, кВт; $\eta_{дв}$ — коэффициент полезного действия электродвигателя.

Величина КПД зависит от степени загрузки двигателя и определяется путем предварительного испытания последнего. Все показания измерительных приборов записываются в журнал опытных данных (форма 4); в графе «Примечание» журнала фиксируются постоянные величины для установки.

Форма 4

Журнал опытных данных испытания насоса для снятия его рабочих характеристик

Место испытания:
Марка и номер насоса:
Дата испытания:

№ опыта	Перепад давления в сужающем устройстве, МПа	Давление у входного патрубка насоса $P_в$		Давление у выходного патрубка насоса $P_н$		Мощность, подводимая к электродвигателю, $N_{подв.\ дв}$		Примечание
		делений	МПа	делений	МПа	делений	кВт	

Испытание проводили:

Форма 5

Журнал обработки опытных данных по снятию рабочих характеристик насоса

Марка и номер насоса _____

Подача насоса $Q_{оп}$, л/с	Скорость во всасывающем патрубке $v_в$, м/с	Скорость в напорном патрубке $v_н$, м/с	Разность скоростных напоров $\frac{v_н^2 - v_в^2}{2g}$, м вод. ст.	Напор, создаваемый насосом, $H_{оп}$, МПа	Мощность, потребляемая двигателем, $N_{подв.дв}$, кВт	КПД двигателя, %	Мощность насоса $N_{оп}$, кВт	Параметры насоса при n, мин$^{-1}$			
								подача Q, л/с	напор H, МПа	мощность насоса N, кВт	КПД, %

Обработку выполнял:

Результаты испытаний используются для вычисления опытных значений параметров насоса по формулам (7.1), (7.2) и (7.3), которые заносятся в журнал обработки опытных данных (форма 5).

Так как в процессе испытания число оборотов насосного агрегата изменяется в зависимости от величины загрузки электродвигателя, то опытные значения параметров насоса пересчитываются на постоянное число оборотов по формулам:

$$Q = Q_{оп}(n/n_{оп}); \quad H = H_{оп}(n/n_{оп})^2; \quad N = N_{оп}(n/n_{оп})^3. \qquad (7.4)$$

Значения Q, H и N используются для вычисления КПД насоса:

$$\eta = \rho g Q H / 1000 N. \qquad (7.5)$$

Пересчитанные по закону пропорциональности параметры Q, H и N, а также η насоса записываются в соответствующие графы журнала формы 5, и по их значениям затем строятся характеристики насоса.

§ 7.14. Ревизия и ремонт центробежных насосов

Осмотр (ревизия) насосов должен производиться ежедневно. При каждой остановке, а при работающих насосах — без остановки мастер, механик станции или старший по смене должны проверять состояние крепления фундаментных болтов и контрольных штифтов, соединительных муфт и фланцевых соединений насосов, подшипников насоса (количество и качество смазки в них), сальников насоса и их набивки. Необходимо постоянно наблюдать за плавностью хода агрегата, биением и вибрацией вала.

В процессе эксплуатации часть деталей изнашивается быстрее других элементов насоса. Время изнашивания деталей в основном зависит от чистоты перекачиваемой жидкости, ее температуры, величины разрежения во всасывающем трубопроводе насоса

и пр. Наиболее быстро изнашиваются защитные и уплотняющие кольца, защитные втулки и сальниковая набивка.

Величина радиального зазора в уплотнительных кольцах центробежных насосов устанавливается заводом-изготовителем и в среднем для колец диаметром до 500 мм должна быть равна 0,2—0,3, для колец большего диаметра — соответственно 0,3—0,6 мм. В сроки, устанавливаемые главным инженером и в зависимости от конструкции и условий работы насоса, но не более чем через 8—10 тыс. ч его работы должна производиться полная ревизия (капитальный ремонт насоса). Перед началом и после капитального ремонта проводится контрольное испытание насоса для установления качества ремонта и характеристики насоса. До проведения испытания контрольно-измерительные приборы следует проверить и установить поправки к их показаниям.

§ 7.15. Обязанности дежурного и обслуживающего персонала станции

Обязанности дежурного персонала станции определяются должностной инструкцией, утверждаемой главным инженером. График работы утверждается начальником станции. Нарушение графика воспрещается, и замена одного дежурного другим допускается лишь с разрешения начальника станции. Продолжительность смены должна быть не более 8 ч, перерыв между сменами — не менее 16 ч. Дежурство в течение двух смен подряд не допускается. Количество дежурных в одной смене на станции определяется штатным расписанием в соответствии с условиями обслуживания оборудования и требованиями техники безопасности.

Придя на работу, дежурный должен принять от предыдущего дежурного смену, а после окончания дежурства сдать ее дежурному, вступающему на смену по графику. Уход с дежурства без сдачи смены запрещается. Принимая смену, дежурный обязан в соответствии с должностной инструкцией:

ознакомиться путем осмотра с состоянием и режимом работы всего оборудования на своем участке;

узнать от сдающего смену о состоянии оборудования, за которым необходимо установить особое наблюдение, чтобы предупредить возникновение неполадок и аварий, а также об оборудовании, находящемся в ремонте;

принять от сдающего смену и проверить инструмент, запас смазочного, обтирочного и прочего материалов, ключи от помещений, журналы и ведомости;

ознакомиться со всеми записями и распоряжениями за время, прошедшее с предыдущего своего дежурства;

проверить исправность всех средств связи, точность часов, наличие и исправность средств аварийного освещения;

сообщить старшему дежурному о вступлении на смену и о всех недостатках при приемке смены;

оформить приемку и сдачу смены записью в журнале или ведомости за подписями принимающего и сдающего смену.

Запрещается сдача и приемка смены во время ликвидации аварии или выполнения ответственных производственных операций. В подобных случаях вопрос о сдаче и приемке смены решается администрацией. Передача смены при неисправном состоянии оборудования или недостаточном запасе эксплуатационных материалов может быть разрешена только главным инженером (в письменной форме).

При неисправном состоянии связи дежурный, сдавший смену, обязан лично сообщить о неисправности диспетчеру или главному инженеру.

Дежурный персонал является ответственным за правильную и бесперебойную работу оборудования обслуживаемого им участка станции. Он обязан обеспечить наиболее экономичную и надежную эксплуатацию этого оборудования в соответствии с графиками, инструкциями или оперативными требованиями вышестоящего дежурного.

Дежурный персонал должен систематически обходить и осматривать оборудование, результаты осмотра заносить в соответствующие журналы, вести записи показателей работы оборудования в журналах и ведомостях.

Дежурный персонал обязан строго соблюдать и требовать от других выполнения всех установленных для насосной станции правил и инструкций.

Дежурным запрещается оставлять свое рабочее место. При наличии на участке двух и более дежурных младшему дежурному по смене разрешается оставлять свое рабочее место по специальному разрешению старшего для выполнения работ, предусмотренных местными инструкциями.

В случае аварии оборудования насосной станции дежурный персонал должен:

принять необходимые меры к восстановлению нарушенного режима работы станции путем включения резервного оборудования;

поставить в известность об аварии старшего по смене диспетчера;

в дальнейших своих действиях руководствоваться местной инструкцией по ликвидации аварии.

Глава III. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУХОДУВНЫХ И КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

§ 7.16. Воздуходувные и компрессорные установки. Оборудование

Машинные помещения воздуходувных и компрессорных станций следует размещать на минимальном расстоянии от места потребления сжатого воздуха и электрораспределительных уст-

ройств. Воздуходувные и компрессорные агрегаты должны быть смонтированы в соответствии с заводской инструкцией. После этого их испытывают, а затем сдают в эксплуатацию.

Трубопроводы воздуходувных станций при диаметре до 1000 мм следует выполнять из листовой стали толщиной 3 мм, при диаметрах более 1000 мм — толщиной 4 мм; трубопроводы компрессорных станций для сжатого воздуха — из стальных бесшовных труб; водяные — из газовых или бесшовных труб, масляные — из медных или бесшовных стальных труб. Маслопроводы или охлаждающие трубопроводы станций надо сооружать так, чтобы они не вибрировали и не мешали обслуживанию оборудования.

Воздуходувные и компрессорные установки должны быть оснащены следующими контрольно-измерительными приборами:

воздухомерами для определения количества воздуха, подаваемого агрегатами; при поршневых компрессорных машинах воздухомеры необходимо устанавливать после воздухосборника, выравнивающего неравномерную подачу машины;

манометрами для измерения давления сжатого воздуха; при многоступенчатых машинах манометры устанавливаются на каждой ступени машины; манометрами также оборудуются воздухосборник и система маслопровода;

термометрами для измерения температуры воздуха и воды, используемой для охлаждения машины;

водомером для определения расхода охлаждаемой воды;

вольтметром, амперметром и ваттметром для контроля за работой электродвигателя агрегата.

Трубопроводы и арматура установок, работающих в условиях, когда температура окружающей среды хотя бы периодически может быть ниже нуля, во избежание замерзания в них конденсата ежегодно до наступления холодов должны быть отеплены и подготовлены к работе в зимних условиях.

Для выравнивания подачи установки с компрессорными машинами последние снабжаются воздухосборниками (ресиверами), которые монтируются в соответствии с «Правилами устройства, установки и освидетельствования сосудов, работающих под давлением».

Все основное оборудование воздуходувных и компрессорных станций, а также вентили и задвижки, имеющиеся на трубопроводах, должны иметь свой номер, соответствующий номеру на общей схеме коммуникаций оборудования станции, которая должна быть вывешена в машинном зале на видном месте. На вентилях и задвижках должны быть также изображены краской указатели движения среды и направления вращения маховиков.

Каждая воздуходувка, компрессор и их двигатели должны иметь: паспорт и заводскую инструкцию по эксплуатации, рабочие характеристики и полный комплект чертежей их деталей, включая

сборочный чертеж. Перечисленная документация по своему содержанию аналогична документации, которой снабжается каждый агрегат насосной станции.

§ 7.17. Эксплуатация устройств для забора, очистки и подачи воздуха

Воздух, забираемый воздуходувками и компрессорами, должен быть возможно более чистым. С этой целью шахты для забора воздуха рекомендуется выводить выше конька крыши здания. Доочистка воздуха, забираемого указанными машинами, должна осуществляться на масляных фильтрах.

Осмотр и промывку фильтров следует производить по потребности в зависимости от степени их запыленности: летом — через 15 дней; зимой — через 30 дней. Сетчатые металлические фильтры промывают горячим 5—10 %-ным раствором соды. При обслуживании воздуходувными машинами канализационных очистных сооружений очистку воздуха следует производить лишь при распределении его мелкопористыми аэраторами; при подаче воздуха крупными пузырями очищать воздух от содержащейся в нем пыли нет необходимости.

При эксплуатации воздухосборников, используемых для выравнивания подачи компрессорных машин и для задержания содержащихся в воздухе влаги и масел, необходимо своевременно и регулярно, не реже 2 раз в смену, выпускать из них воду и масло. Спуск конденсата из воздухосборника должен производиться также перед каждым пуском машины. 1 раз в 2—3 года воздухосборники следует окрашивать светлой масляной краской.

Воздухосборники должны периодически очищаться. Внутреннюю очистку их от сгустков масла и прочих осадков следует производить не реже 1 раза в полгода перед продувкой воздухопроводов. Капитальный ремонт воздухосборников должен осуществляться в случаях обнаружения при осмотрах на их внутренних и наружных поверхностях, патрубках, фланцах и арматуре значительных коррозионных образований, а также по указанию государственной инспекции.

Регулирование подачи воздуха от установки отдельным потребителям должно обеспечиваться с помощью коллектора-распределителя, имеющего соответствующее количество ответвлений в запорной арматуре. Запорная арматура распределителя в процессе эксплуатации установки должна постоянно содержаться в исправном состоянии и ремонтироваться в сроки, установленные для кранов и задвижек.

§ 7.18. Эксплуатация воздуходувных и компрессорных машин

В процессе обслуживания станций с воздуходувными и компрессорными машинами должна быть обеспечена нормальная и бесперебойная работа как станции в целом, так и отдельных ее

агрегатов. Работа по обеспечению нормального и бесперебойного функционирования указанных выше компрессорных станций заключается:

в постоянном уходе и надзоре за состоянием сооружений и оборудования;

в систематическом осмотре действующего и резервного оборудования и сооружений;

в текущем ремонте оборудования и сооружений, предотвращающем их дальнейший износ и аварии;

в капитальном ремонте с целью обновления отдельных частей оборудования, механизмов и сооружений;

в выполнении испытаний и исследований, в постоянном проведении учета, отчетности и анализе работы всего оборудования станции и отдельных ее агрегатов с целью выявления наиболее экономичных режимов эксплуатации оборудования станции;

в ведении постоянного контроля за соблюдением норм расхода электроэнергии, горючего, смазочных и обтирочных материалов;

в постоянной борьбе за снижение всякого рода производственных потерь;

в ежегодной проверке знания персоналом правил эксплуатации оборудования станции.

С целью обеспечения наиболее экономичных условий эксплуатации оборудования станции на основе инструкции завода-изготовителя и проведенных на месте исследований разрабатывается специальная инструкция по эксплуатации воздуходувных и компрессорных агрегатов.

При размещении воздуходувных машин в легких неотапливаемых строениях, защищающих лишь от атмосферных осадков, в качестве их привода следует применять асинхронные электродвигатели трехфазного тока в закрытом исполнении [14]. При выборе смазочного материала для машин, работающих в указанных условиях, следует учитывать предельные значения температуры наружного воздуха, при которых они будут эксплуатироваться [15].

Суточная ведомость эксплуатации

№ _____ за _____

Дата	Смена	Компрессор (воздуходувка)		Сменено (добавлено) масло	Перебиты сальники	Очищен воздухосборник	Спущен конденсат из воздухосборника	Ремонт компрессора (воздуходувки)	
		пущен	остановлен					поставлен на ремонт	пущен в эксплуатацию
		ч-мин	ч-мин	ч-мин	ч-мин	ч-мин	ч-мин	ч-мин	ч-мин

Трубопроводы в пределах станции и вне ее должны находиться под постоянным наблюдением обслуживающего персонала. Осмотр и проверку состояния трубопроводов и арматуры производят в следующие сроки:

наружный осмотр трубопроводов и проверку соединений и сальников арматуры — ежедневно;

промывку и продувку трубопроводов в пределах станции — не реже 2 раз в год (весной и поздней осенью) при температуре выше нуля;

ремонт запорной арматуры — не реже 1 раза в год в период ремонта основного оборудования станции.

Проверка контрольно-измерительных приборов должна производиться в сроки, устанавливаемые графиком в соответствии с правилами, предусмотренными инструкцией Комитета стандартов и измерительных приборов. В соответствии с содержанием этих правил составляется специальная инструкция по ремонту и уходу контрольно-измерительной аппаратуры станции.

Не реже 1 раза в 1—2 года в процессе эксплуатации воздуходувных и компрессорных установок необходимо осуществлять снятие характеристик или индикаторных диаграмм каждого агрегата станции.

При эксплуатации воздуходувок и компрессоров ведется суточная ведомость по форме 6.

§ 7.19. ППО и ППР воздуходувных и компрессорных машин

Организацию системы планово-предупредительных осмотров (ППО) и ремонтов (ППР) следует вести согласно инструкции Министерства жилищно-коммунального хозяйства РСФСР.

Система обязательных периодических осмотров состоит из:

ежедневных осмотров руководящим персоналом всего машинного зала и его оборудования;

Форма 6

компрессора (воздуходувки)

_____месяц 198___года

Показатели работы								Примечание
воздухомер	водомер	манометр	амперметр	вольтметр	ваттметр	счетчик	термометр	

Таблица 7.4. Основные неполадки при работе поршневых компрессорных машин

Признаки неисправности	Возможные причины неисправности
Стук в картерной части машины	Ослабление головки шатуна или втулки крейцкопфного пальца; сработанность вкладышей подшипников; ослабление чек или креплений противовеса
Стук в цилиндре компрессора	Мало вредное пространство; кусок сломавшейся клапанной пластинки в цилиндре
Стук в клапанах	Ослабление пружины; поломка клапана
Нагрев подшипников выше 60—65 °С	Неисправность маслосистемы; загрязненность смазки; плохая пригонка подшипников; неисправность в системе охлаждения
Нагревание рубашки цилиндра машины и крышек клапанов выше 40—45 °С	То же
Конечное давление выше нормального	Неисправность в системе смазки; пропуски в нагнетательных клапанах; длительная работа машины без перерыва
Уменьшение подачи воздуха	Длительная работа машины без перерыва; разрыв воздухопровода; пропуск в поршневых кольцах; неисправность работы регулятора давления
Уменьшение подачи воздуха при одновременном повышении температуры крышки нагнетательного клапана	Неисправен всасывающий клапан; неправильно отрегулирован регулятор давления; неисправен нагнетательный клапан

ежедневных осмотров оборудования дежурным персоналом в процессе передачи дежурства;

еженедельных осмотров отдельных узлов воздуходувок и компрессоров;

периодических осмотров узлов, частей и всего агрегата в целом с заменой износившихся деталей, которые включаются в план ППР (текущего и капитального).

Продолжительность периода в месяцах между осмотрами и текущими ремонтами для трубопроводов, воздуховодов, воздуходувок, компрессоров и арматуры этих агрегатов приведена в § 7.6.

Основные виды неполадок в работе поршневых компрессорных машин и возможные причины их возникновения рассмотрены в табл. 7.4.

Уточнение причины неисправности осуществляется путем осмотра агрегата, его оборудования и сопоставления показаний измерительных приборов.

§ 7.20. Техника безопасности

При проектировании и эксплуатации воздуходувных и компрессорных станций необходимо соблюдать общие требования техники безопасности, изложенные в официальном документе «Пра-

вила безопасности при эксплуатации водопроводно-канализационных сооружений» (см. § 7.8 настоящего раздела), в котором содержатся основные положения по технике безопасности, касающиеся указанных установок.

В СНиПе [29] в разделе «Воздуходувные станции» приводятся следующие дополнительные положения из области техники безопасности, которые необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации компрессорных установок:

проходы между выступающими частями агрегатов следует принимать равными 1,5 м;

габариты монтажных площадок определяются габаритами одного агрегата и проходами вокруг него шириной 1 м;

для монтажа располагаемого в подвальном помещении оборудования в полу машинного зала необходимо предусматривать монтажные люки;

электродвигатели воздуходувок и компрессоров должны быть сблокированы с электродвигателем масляного пускового насоса так, чтобы воздуходувка или компрессор не могли быть включены без предварительного пуска масляного насоса;

двигатели двух пусковых масляных насосов должны питаться от разных трансформаторов с автоматическим включением второго насоса при выключении из сети первого;

измерительная аппаратура воздуходувного или компрессорного агрегата должна иметь сигнализацию предельных показателей;

для повышения надежности работы установок должна быть обеспечена полная автоматизация контроля и управления воздуходувными и компрессорными агрегатами.

В «Правилах технической эксплуатации водопроводов и канализации» [21] указывается, что во время эксплуатации машинисту категорически запрещается: тормозить руками маховик компрессорной машины, снимать во время работы агрегата защитные ограждения, подогревать паяльной лампой маслопровод, ремонтировать агрегат во время его работы.

При возникновении в картере или цилиндре машины ненормального стука машинист должен немедленно остановить агрегат как аварийный, поставить в известность начальника станции, диспетчера или главного инженера, принять необходимые меры по ликвидации повреждения.

Общие сведения об инструктаже обслуживающего персонала, проверке его знаний в области техники безопасности, необходимости подвергать испытанию в положенные сроки сосуды, находящиеся под давлением, и т. д. имеются в главе I данного раздела справочника.

Разработанная на основании изложенных данных инструкция по технике безопасности должна быть вывешена в машинном зале на видном месте. Воздуходувные и компрессорные станции должны быть оборудованы противопожарным водопроводом и обязательно снабжены пенными огнетушителями.

Глава IV. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

§ 7.21. Общие положения

Для привода механизмов насосных станций, как правило, применяются электродвигатели переменного тока, обычно поставляемые комплектно с оборудованием.

Напряжение в сети, от которой должны питаться электродвигатели, в значительной мере определяется мощностью последних (табл. 7.5). Практически принимается, что если мощность двигателя меньше 150 кВт, то напряжение должно быть низким (380/220 В), а при мощности более 250 кВт — высоким (от 3000—6000 до 10 000 В). В настоящее время вводится напряжение 660 В, которое позволит питать двигатели мощностью до 250—350 кВт.

Таблица 7.5. Ориентировочная связь между напряжением и мощностью двигателя

Мощность серийного двигателя, кВт	Напряжение серийного двигателя, В			
	380/220	3000	6000	10 000
До 90	Есть	Нет	Нет	Нет
90—400	»	Есть	Есть	»
400—1000	Нет	»	»	»
1000 и выше	»	Нет	»	Есть

Двигатели переменного тока в зависимости от конструкции ротора бывают: асинхронные с короткозамкнутым ротором, асинхронные с фазовым ротором, синхронные.

Электродвигатели с фазовым ротором применяются в двух случаях: когда приводимый механизм имеет большой пусковой момент (например, тяжелые дробилки, длинные загруженные транспортеры) или когда мощность электродвигателя составляет около 30—35 % от мощности источника питания.

Синхронные двигатели, как правило, выпускаются на напряжение 3000 В и выше. Они сложнее асинхронных как по конструкции, так и по аппаратуре управления и защиты.

§ 7.22. Эксплуатация электродвигателей переменного тока

Конструкция двигателя должна соответствовать условиям окружающей среды. Для насосных станций применяются следующие модификации двигателей: открытые защищенные (включая продуваемые), закрытые обдуваемые. Мощность двигателя данного габарита в условиях эксплуатации зависит от материала, изолирующего его обмотки (т. е. класса изоляции), и от темпера-

Таблица 7.6. Классы изоляции и предельные температуры нагрева и перегрева обмоток электродвигателей

Обозначение классов нагревостойкости изоляции (по ГОСТ 8865—70)	Материалы изоляции	Предельно допустимые температуры обмоток двигателей (по ГОСТ 183—74), °С		
		нагревостойкость, °С, не более	превышение, обмотка над охлаждающей средой	полная обмотка (включая охлаждающую среду)
А	Волокнистые материалы из хлопка или шелка, пропитанные маслами или смолами	105	50/60	90/100
Е	Синтетические и органические материалы (плеики, волокна, смолы)	120	65/75	105/115
В	Материалы на основе слюды, асбеста или стекловолокна с органическими связующими и пропитывающими составами	130	70/80	110/120

Примечание. В числителе показаны температуры, измеряемые жидкостными термометрами, а в знаменателе — методом сопротивления.

туры окружающей (т. е. охлаждающей) среды. В соответствии с ГОСТ 183—74 двигатель может развивать номинальную (паспортную) мощность, если температура охлаждающего воздуха не выше 40 °С.

Для изоляции обмоток двигателей, устанавливаемых в насосных станциях систем водоснабжения и канализации, применяются материалы, указанные в табл. 7.6. Выбор класса изоляции производится изготовителем двигателя по заданной (заказчика агрегата) и согласованной с насосостроительным заводом температуре охлаждающей среды.

Предельная температура нагрева для двигателя с изоляцией данного класса слагается из температуры перегрева (т. е. температуры, зависящей от нагрузки двигателя) и температуры охлаждающей среды (чаще всего воздух цеха или наружный воздух). Поэтому изменять без расчета или испытания условия охлаждения двигателя, например закрывать вентиляционные отверстия, недопустимо.

Если температура охлаждающего воздуха ниже установленной ГОСТ 183—74 (40 °С), то нагрузка на данный двигатель может быть выше паспортной, но такой, чтобы температура нагрева обмотки не превышала нормы, указанной в табл. 7.6. Если обмотка двигателя не имеет встроенных датчиков температуры, то степень нагрева (но не перегрева) обмотки, а следовательно, и нагрузки двигателя весьма просто и достаточно точно определяются путем измерения ее активного сопротивления и последующего рас-

чета. Например, для обмотки из меди справедливо уравнение

$$R_{\text{гор}}(t_{\text{хол}} + 235) = R_{\text{хол}}(t_{\text{гор}} + 235), \qquad (7.6)$$

где $R_{\text{гор}}$ и $R_{\text{хол}}$ — измеренные сопротивления обмотки в горячем и холодном состоянии; $t_{\text{хол}}$ — температура обмотки, при которой измерялось $R_{\text{хол}}$ (после монтажа, ремонта или длительного простоя двигателя, причем в таких случаях температура обмотки равна температуре в цехе); $t_{\text{гор}}$ — искомая температура нагретой обмотки; для обмотки из алюминия вместо 235 ставится 245.

Измерения $R_{\text{гор}}$ и $R_{\text{хол}}$ необходимо выполнять одним и тем же комплектом приборов (обычно амперметр и вольтметр).

Двигатели малой и средней мощностей почти всегда имеют подшипники качения. Сроки смены смазки подшипников зависят от температуры окружающей среды. Для насосных станций смазка заменяется 1—2 раза в год.

Двигатели большой мощности могут иметь как подшипники качения, так и скольжения. Смена жидких смазок у крупных двигателей производится 2—3 раза в год. Для контроля температуры подшипников крупных двигателей и насосов целесообразно применять дистанционные приборы типа АТВ-229, каждый комплект которых может контролировать работу всех подшипников одного агрегата. Термосопротивления прибора имеют небольшой диаметр (3,5—4,5 мм), поэтому легко встраиваются в тело подшипника качения. В подшипники скольжения встраиваются чаще всего термометры сопротивления типа ТСМ-5075 или термобаллоны приборов ТСМ-100, но могут применяться и термодатчики прибора АТВ-229.

Для двигателей небольшой мощности (напряжением 380/220 В) и соответствующих насосов дистанционный контроль температуры не применяется; для местного контроля используются термокраски. Последние бывают обратимыми и необратимыми: обратимые резко меняют свой цвет при нагреве подшипника до определенной температуры и восстанавливают его при снижении температуры, необратимые — не восстанавливают основной цвет («холодный») при снижении температуры, поэтому на контролируемый подшипник рекомендуется наносить две полоски — одну обратимой, другую необратимой красками.

Для электродвигателей и насосов температура подшипников не должна превышать указанную ниже.

	Подшипники качения	Подшипники скольжения
Предельная температура нагрева (по термометру)	95	80
Предельная температура перегрева (превышения по сравнению с окружающей средой)	60	45

На корпусах двигателей и насосов должны быть нарисованы стрелки, указывающие паспортное направление вращения. Корпуса двигателей и пусковой аппаратуры следует надежно заземлять.

§ 7.23. Эксплуатация электродвигателей и электроаппаратуры (ППО и ППР)

Общие указания, формы эксплуатационной документации, а также объемы проведения ППО и ППР технологического оборудования водопроводно-канализационных сооружений приведены в работе [17].

Электротехническая часть в этом «Положении» рассмотрена очень кратко, а приведенные сроки выполнения ППО и ППР не соответствуют срокам, рекомендуемым для других отраслей промышленности. К тому же за период, истекший с момента указанного документа, многие насосные станции стали работать в полноавтоматическом режиме: постоянное дежурство персонала заменено диспетчерским контролем и управлением. Эти обстоятельства потребовали для таких станций введения системы периодических эксплуатационных осмотров (ЭО) оборудования (в том числе и электрооборудования) и сооружений в целом. При проведении ЭО обходчик осматривает работающее и резервное оборудование и трубопроводы, проверяют, нет ли протечек труб, необычных шумов, вибраций, запахов и искрения, а также условия работы объекта в целом (исправность кровли, оконных проемов и запоров входных дверей и т. п.).

Сроки и объемы проведения ЭО, ППО и ППР различные и зависят от производительности и назначения насосной станции, наличия резервных агрегатов, характеристики окружающей среды и т. п. Указанное выше «Положение» недостаточно четко учитывает эти обстоятельства, вследствие чего на практике часто сроки и объемы проведения ППО и ППР устанавливаются на основании местного опыта эксплуатации или по опыту работы аналогичных объектов.

Для электрооборудования насосных станций обычно принимаются сроки, указанные в табл. 7.7. При этом необходимо отметить, что в большинстве систем промышленного водоснабжения и водоотведения ППО и ППР осуществляются по единому графику как для электротехнической, так и для технологической частей агрегата. Так как нормативного обоснования таких решений нет, то в данном справочнике сроки проведения ППО и ППР приведены отдельно для каждого вида обслуживания (см. § 1.6 и § 4.24 настоящего раздела).

Согласно работе [3] периодичность текущего и капитального ремонтов электродвигателей соответственно равна 4320 и 51 840 ч (независимо от мощности электродвигателя).

Говоря о графиках проведения ППО и ППР, нужно подчеркнуть, что в них не должно быть разделения на рабочие и резервные агрегаты. Опыт эксплуатации показал, что насосные агрегаты, находящиеся в резерве длительное время, в момент, когда требуется их пуск, часто отказывают (отсыревает изоляция обмоток двигателей насосов и задвижек, начинают греться подшипники

Таблица 7.7. Сроки проведения ЭО, ППО и ППР

Система управления станцией	Краткая характеристика работ		
	ЭО	ППО	ППР
Постоянное дежурство эксплуатационного персонала	Непрерывное наблюдение за работой агрегата и станции в целом	Осмотр станции в целом и детальный осмотр (без разборки) отдельного предварительно отключенного агрегата (по графику 1 раз в 3—4 месяца)	Детальный осмотр, включая разборку агрегата, намеченного по графику (1 раз в 2 года)
Централизованное диспетчерское управление (полноавтоматизированные станции)	Периодические посещения объекта обходчиком проводятся от 1 раза в сутки (для малоответственных станций 1—2 раза в неделю)	То же	То же

насосов и т. п.). В связи с этим в ряде отраслей промышленности применяется «система перепуска», при которой резервный агрегат по графику вводится в работу, а один из работающих переводится в резерв.

§ 7.24. Эксплуатация приводов задвижек

Применение на трубопроводах больших диаметров (400 мм и более) задвижек с ручным приводом весьма нежелательно, так как работа с ними требует затраты больших физических усилий и длительного времени. Однако практика показывает, что задвижки с электроприводом в условиях систем водоснабжения и водоотведения иногда работают весьма ненадежно. Это объясняется тем, что запорные органы у насосов и на трубопроводах длительное время находятся в неизменном положении, что приводит к коррозии подвижных частей, а также к отсыреванию изоляции двигателей у аппаратуры управления.

Для борьбы с такими явлениями на некоторых насосных станциях и в сетях периодически применяют «расхаживание» запорных органов как для резервных, так и для рабочих агрегатов. У первых запорные органы несколько раз подряд открывают и закрывают полностью (т. е. срабатывание конечных выключателей), а у работающих агрегатов обходчик прикрывает запорные органы на 10—15 % (причем эту величину желательно контролировать

по указателю положения, имеющемуся на задвижке), и затем снова открывают. При такой величине прикрытия производительность агрегата снижается не более чем на 4—7 %, что обычно не сказывается на водоснабжении потребителей. Указанные операции проводят периодически, по специальному графику в периоды наименьшей нагрузки на станцию.

Необходимость «расхаживания» арматуры оговаривается некоторыми насосостроительными заводами (например, Сумским насосным заводом) при поставке оборудования. Ориентировочные эксплуатационные сведения, полученные на ряде насосных станций, показывают, что «расхаживание» позволяет увеличить наработку на отказ примерно в 2 раза.

§ 7.25. Обслуживание электрораспределительных устройств (РУ) и трансформаторных подстанций (ТП)

Обслуживание РУ заключается в периодических обходах, ремонтах и оперативных переключениях. Периодичность обходов и объем осмотра устанавливаются местными инструкциями. Осмотр РУ может производиться одним человеком.

Оперативные переключения в электрических схемах РУ, подстанций, щитов управления и сборок должны выполняться в полном соответствии с указаниями «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей».

Большинство трансформаторов, питающих электродвигатели и осветительные установки, как правило, бывают сильно перегружены (особенно в зимние вечера). Целесообразно проинструктировать эксплуатационный персонал объектов водоснабжения и канализации, как поступать в указанных случаях для сокращения повреждений от преждевременного износа изоляции обмоток трансформаторов.

В ГОСТ 11677—85 указано, что трансформатор может круглый год нести номинальную (паспортную) нагрузку, если среднесуточная летняя температура охлаждающего воздуха не превышает 30 °С, а среднегодовая — 20 °С. При этой температуре воздуха перегрев обмоток будет не более: для изоляции класса А —60 °С, класса Е — 75 °С (характеристика классов изоляции дана в § 7.23). Эти температуры должны определяться методом измерения сопротивления обмоток в холодном и горячем состояниях (как показано в § 7.22) и последующим расчетом. Перегрузки трансформаторов могут быть аварийными (авария с другим трансформатором, питающим ту же электросистему) и продолжительными (повторяющимися в определенные сроки). Величины аварийных перегрузок (по ГОСТ 14209—85) приведены ниже. Они не зависят от предшествующей нагрузки трансформатора и

других факторов и определяются только продолжительностью (временем) перегрузки:

для трансформаторов с жидкостным охлаждением (масляные):						
перегрузка трансформатора, % от сверхноминального тока (ГОСТ 14209—69)	30	45	60	75	100	200
допустимая длительность перегрузки, мин	120	80	45	20	15	10
для трансформаторов с воздушным охлаждением (сухие):						
перегрузка трансформатора, % от сверхноминального тока	20	30	40	50	60	
допустимая длительность перегрузки, мин	60	45	32	18	5	

Величины продолжительных, повторяющихся перегрузок (неаварийных) определяются суточным графиком загрузки трансформатора, составленным в координатах «величина нагрузки — продолжительность нагрузки» за предыдущие или текущие сутки. Если перегрузка повторяется ежесуточно, то в качестве расчетного принимается график за предыдущие сутки с прогнозом ожидаемой суммарной нагрузки на оставшиеся часы суток.

Расчет величины нагрузки (дополнительно к номинальной) производится по уравнению

$$S_{\text{доп}} = S_{\text{ном}}(1 - K_{\text{з. г}}) \cdot 0{,}3, \qquad (7.7)$$

где $S_{\text{доп}}$ — допустимая дополнительная нагрузка трансформатора сверх номинальной, паспортной, кВ·А; $S_{\text{ном}}$ — номинальная мощность трансформатора; $K_{\text{з. г}}$ — коэффициент заполнения графика.

Для снижения нагрузки на трансформаторы необходимо прежде всего стремиться сократить величину реактивной мощности, загружающей трансформатор, но не совершающей полезную работу. Это мероприятие можно осуществить путем установки батареи статических конденсаторов, представляющей собой готовый шкаф, в котором вмонтировано определенное количество конденсаторов. Установка шкафа не требует каких-либо сложных работ, за исключением прокладки одного трехжильного кабеля или трех проводов.

Осмотр работающих трансформаторов должен производиться в следующие сроки: при постоянном дежурстве персонала на трансформаторной подстанции — 1 раз в сутки, без постоянного дежурства — не реже 1 раза в месяц, а для трансформаторных пунктов — не реже 1 раза в 6 месяцев.

Внеочередные осмотры следует осуществлять при резком изменении температуры наружного воздуха и после каждого случая

отключения трансформатора от газовой или дифференциальной защиты.

Текущие ремонты с их отключением производятся для центральных распределительных подстанций по местным инструкциям, но не реже 1 раза в год, для всех остальных трансформаторов — не реже 1 раза в 3 года. Капитальные ремонты с осмотром сердечников трансформаторов осуществляются не позже чем через 6 лет после начала эксплуатации, а в дальнейшем — в зависимости от состояния трансформаторов и результатов измерения его параметров.

Трансформатор должен быть отключен при выбросе масла из расширителя или разрыве диафрагмы выхлопной трубы, а также при установлении уровня масла ниже масломерного стекла.

§ 7.26. Электроизмерительные приборы и их эксплуатация

Все электроизмерительные приборы, кроме расчетных электросчетчиков, подлежат обязательной проверке органами ведомственного надзора или в лабораториях объектов водопровода и канализации, имеющих специальное разрешение Комитета стандартов, мер и измерительных приборов СССР. Расчетные счетчики подлежат государственной проверке. Трехфазные счетчики поверяют через 2 года после ввода в эксплуатацию и затем 1 раз в 4 года.

Помещения, в которых устанавливаются расчетные счетчики, не должны иметь температуру ниже —15 °С. При возможности более низких температур должен быть предусмотрен местный обогрев счетчиков. Счетчики технического (контрольного) учета энергии по отдельным цехам, линиям или агрегатам обслуживаются (включая поверку) силами предприятий. Поверка счетчиков технического учета и однофазных расчетных проводится не реже чем 1 раз в 4 года силами предприятий или энергоснабжающих организаций. Ведомственная поверка всех других электроизмерительных приборов проводится по графикам, установленным предприятиями, но не реже чем в следующие сроки: щитовые приборы, по которым определяются режимы работы основного оборудования, 1 раз в 3 года, остальные щитовые приборы — 1 раз в 5 лет, переносные приборы — 1 раз в 2 года.

§ 7.27. Стоимость электроэнергии и влияние на нее коэффициента мощности

В большинстве энергоснабжающих систем стоимость электроэнергии зависит от трех факторов: ее количества, установленной мощности электроприемников и коэффициента мощности. Уменьшение cos φ приводит к значительному увеличению потерь энер-

гии, т. е. к понижению эксплуатационной (активной) мощности источников питания и сетей. Если, например, потери при $\cos\varphi = 1$ принять за 100 %, то при $\cos\varphi = 0{,}8$ они возрастут до 156 %, а при $\cos\varphi = 0{,}5$ увеличатся в 4 раза. Обычно для каждой энергосистемы, а иногда и для отдельного сетевого района энергосистемы устанавливается определенная (номинальная) величина $\cos\varphi$, при которой потребитель оплачивает электроэнергию по номинальной цене. Если $\cos\varphi$ снижается, то стоимость электроэнергии возрастает. Для некоторых систем при увеличении $\cos\varphi$ (выше номинального) стоимость электроэнергии снижается. Номинальная величина $\cos\varphi$ обычно находится в пределах $0{,}92 \div 0{,}95$.

Глава V. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА И НАПОРА ВОДЫ

§ 7.28. Расходомерные устройства

Для измерения расхода воды при помощи серийно выпускаемых устройств используются методы и приборы, перечисленные в табл. 7.8.

Расходомеры делятся на показывающие, самопишущие, интегрирующие, сигнализирующие, а также комбинированные, т. е. совмещающие несколько функций. Верхние шкалы показывающих и самопишущих расходомеров выбираются из ряда $(1{,}0;\ 1{,}25;\ 1{,}6;\ 2{,}0;\ 2{,}5;\ 3{,}2;\ 4{,}0;\ 5{,}0;\ 6{,}3;\ 8{,}0)\cdot 10^n$, где n — любое целое (положительное или отрицательное) число или ноль. Типы и шкалы измерителей расхода горючих газов приведены в разделе «Эксплуатация системы газоснабжения» настоящего справочника.

§ 7.29. Технические условия эксплуатации расходомеров

По своему назначению все приборы, измеряющие расход, можно разделить на две группы (табл. 7.8): расходомеры для производства денежных расчетов с внешними потребителями (или для хозрасчетов) и расходомеры для внутрицеховых надобностей (учет воды на промывку фильтров, регулирования расходов на приготовление химикатов и т. п.). В основе действия расходомеров — метод переменного перепада давления. Расчет и установка приборов должны выполняться в соответствии с Правилами 28—64 Государственного комитета стандартов, мер и измерительных приборов СССР «Измерение расхода жидкостей, газов и паров стандартными диафрагмами и соплами».

Одним из существенно важных пунктов указанных «Правил» является нормирование длины прямых участков трубопроводов до и после стандартных сужающих устройств, т. е. диафрагм или сопел Вентури (табл. 7.9).

Таблица 7.8. Методы измерения расходов воды

Наименование метода	Верхние пределы измерения (по воде)				Примечание
	Расход (шкала), м³/ч		Давление, МПа	Наибольший условный проход D_y, мм	
	минимальный	максимальный			
Переменный перепад давления, дифманометры:					
камерные диафрагмы ДК (ГОСТ 14321—73)	0—4,0	0—3 200	2,5	500	—
бескамерные диафрагмы ДВ (ГОСТ 14322—77)	0—4,0	0—20 000	2,5	0—1200	—
сопла Вентури по нормалям (МН 4798—63÷4700—63)	0—4,0	0—25 000	1,6	1400	—
колена (ГОСТ 5525—61)	Определяются характеристиками колен				
Постоянный перепад давления — ротаметры (ГОСТ 13045—81)	$25 \cdot 10^{-4}$	25,0	6,4	70	Для ротаметров нижний предел шкалы составляет 20 % от верхнего
Электромагнитный индукционный (ГОСТ 11988—81)	0—0,32	0—8 000	2,5	1000	—
Скоростной — водомеры:					
крыльчатые (ГОСТ 6019—83)	0—1,0	6,3	1,0	40	Нижний предел измерений около 10 % от верхнего
турбинные (ГОСТ 14167—83)	15	600	1,0	200	То же, около 15 %
Метод уровнемера (принцип действия — уравнение Шези) — приборы типов Эхо-1, УБ-Э и счетная приставка (сумматор) типа С-1М	Не ограничены		Атмосферное	Нет	Предназначен только для открытых каналов и лотков прямоугольной формы любых размеров. Технические данные приведены в работе А. Н. Преображенского *

* Реферативная информация: Целлюлоза, бумага и картон. 1978. № 32. С. 5.

Таблица 7.9. Требуемые длины прямых участков трубопроводов до сужающих устройств

Модуль	Отношение l_1/D в зависимости от типа местных сопротивлений, находящихся на трубопроводе до сужающего устройства					
	Колено или тройник	Группа колен в одной плоскости или разветвляющиеся потоки	Группа колен в разных плоскостях или смешивающиеся потоки	Полностью открытые		Сходящийся или расходящийся конус (переходник)
				вентили	задвижки	
0,2	13	18	38	20	12	18
0,3	15	23	44	22	14	20
0,4	20	29	52	26	16	23
0,5	28	38	62	32	20	26
0,6	40	47	75	40	25	30

Длина l_1 (до сужающего устройства) зависит от конструкции трубопровода и модуля сужающего устройства $m = (d/D)^2$, т. е. от отношения площадей отверстий сужающего устройства d и трубопровода D. Если $m \leqslant 0{,}5$, то длины прямых участков могут быть уменьшены в 2 раза. Длина прямого участка после сужающего устройства во всех случаях должна быть не меньше $5D$. Диаметр трубопровода D и его конструкция выбираются проектировщиками, а величина d определяется заводом, которому заказан расходомер. Таким образом, по табл. 7.8 можно определить длину прямого участка. Например, если модуль $m = 0{,}4$ и перед сужающим устройством установлен вентиль, то отношение $l_1/D = 26$, откуда $l_1 = 26D$.

Если через сужающее устройство проходит вода, содержащая небольшое количество взвешенных веществ (например, хозяйственно-бытовые стоки), то применение камерных диафрагм нежелательно. Для бескамерных диафрагм и сопел Вентури рекомендуется предусматривать систему непрерывной или периодической промывки чистой водой. Для ротаметров, электромагнитных и скоростных расходомеров длины прямых участков не нормируются и принимаются около $5D$ перед прибором и $(2—5)D$ после него.

Электромагнитные расходомеры пригодны для сильно загрязненной воды, а ротаметры и скоростные расходомеры — только для чистой воды. Все измерители расхода, по показателям которых производятся денежные расчеты (т. е. приборы первой группы), подлежат обязательной государственной поверке не реже 1 раза в 2 года. Расходомеры второй группы (обычно их называют индикаторы расхода) государственной поверке не подлежат и проверяются по мере надобности в лабораториях предприятия или в городских мастерских по ремонту приборов.

§ 7.30. Учет производительности насосных станций при отсутствии расходомеров

В тех случаях, когда на насосной станции (или на отдельном ее насосе) отсутствуют суммирующие измерители расхода, количество воды, поданной за определенный промежуток времени, можно определить при помощи самопишущего манометра и счетчика электрической энергии. Насосы средней и большой производительности обычно имеют индивидуальные счетчики, а небольшие насосы — общестанционный счетчик.

Если самопишущего манометра нет, то можно использовать показывающий манометр, записывая его показания через определенные сроки. Коэффициенты полезного действия двигателя и насоса принимаются по паспортам (средние для всего периода замера). Если насос установлен выше горизонта воды в камере всасывания, то в расчете необходимо учитывать показания вакуумметра.

§ 7.31. Приборы для измерения давления

Для измерения давления или разрежения в технологических агрегатах, сосудах или трубопроводах отечественная промышленность выпускает две группы приборов: манометры, вакуумметры или мановакуумметры, а также напоромеры, тягомеры, тягонапоромеры.

Первая группа применяется, когда измеряемой средой является жидкость или газ, вторая — только для газа, причем для более низких давлений, чем приборы первой группы. Верхние пределы шкал давления выбираются из ряда $(1{,}0;\ 1{,}6;\ 2{,}5;\ 4{,}0;\ 6{,}0)\cdot 10^n$. Для измерителей разрежения (вакуумметров, мановакуумметров) верхние пределы на единицу меньше (т. е. $0{,}6;\ 1{,}5;\ 3{,}0;\ 5{,}0)\cdot 10^n$, так как упомянутая единица (со знаком «минус») переходит в левую часть шкалы. Для второй группы приборов пределы шкал выбираются из тех же рядов.

Выбирая шкалы приборов, необходимо давать запас по сравнению с максимальным рабочим давлением. Так, например, при измерении давления газов (включая воздух) запас принимают 20—25 %, а для холодной воды — 5—10 %. При измерении давлений агрессивных или загрязненных жидкостей и газов перед измерительным прибором ставится разделительное устройство. Между местом отбора давлений и прибором необходимо устанавливать трехходовые краны, позволяющие осуществлять поверку рабочего манометра без его демонтажа.

Измерители давления подлежат обязательной государственной поверке в следующие сроки: манометры — 1 раз в год; остальные приборы этой группы — 1 раз в 2 года.

Раздел восьмой

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Глава I. ГОРЮЧИЕ ГАЗЫ

§ 8.1. Характеристика газообразных топлив и их свойства

Основными видами газообразного топлива, используемого для газоснабжения городов и населенных пунктов, являются горючие газы с низшей теплотой сгорания не менее 12,57 мДж/м^3.

Все виды газового топлива по способу получения подразделяются на природные и искусственные: к первой группе относятся газы природных месторождений и попутные газы газонефтяных месторождений, ко второй — коксовый, сланцевый и другие газы, получаемые путем термической переработки твердых топлив, а также газы, получаемые при переработке нефти.

Газовое топливо представляет собой смесь горючих и негорючих газов. Горючими являются метан, пропан, бутан, этан, водород и окись углерода; негорючими — азот, углекислый газ и кислород, а также некоторое количество примесей как горючих, так и негорючих веществ, количество которых лимитируется ГОСТ 5542—78.

Природные газы чисто газовых месторождений состоят в основном из метана (CH_4), относятся к категории сухих (тощих) газов и характеризуются относительным постоянством состава, в то время как состав газов газонефтяных месторождений непостоянен и зависит от природы нефти, величины газового фактора и условий разделения нефтегазовых смесей.

Попутные газы из газовых шапок нефтяной залежи, как правило, содержат меньше тяжелых углеводородных газов, чем газы, получаемые из месторождений нефти, в которой они были растворены.

Основные характеристики горючих газов приведены в табл. 8.1.

В народном хозяйстве широко применяются сжиженные углеводородные газы, которые находят применение в сельской местности и населенных пунктах, удаленных на значительные расстояния от магистральных газопроводов.

К сжиженным углеводородным газам относятся такие углеводороды, которые при нормальных условиях находятся в газообразном состоянии, а при относительно небольшом повышении

Таблица 8.1. Основные теплотехнические характеристики горючих газов

Газ	Теплота сгорания, мДж/м³		Наиболее низкая измеренная температура воспламенения, °С	Пределы воспламенения, % (объемные)		Жаропроизводительность $t_{макс}$, °С	$\omega_{с.р.п}$, м/с
	$Q_н$	$Q_в$		нижний	верхний		
Ацетилен	56,08	58,05	335	2	81	2620	—
Водород	10,80	12,80	510	4	75	2235	4,83
Окись углерода	12,70	12,70	610	12,5	74	2370	1,25
Метан	35,94	39,90	645	5	15	2043	0,67
Этан	63,97	69,90	530	3	12,5	2097	0,85
Пропан	91,56	99,46	510	2,2	9,5	2110	0,83
Бутан	119,05	128,90	490	1,9	8,5	2118	0,82
Пентан	146,58	158,40	475	1,4	7,8	2119	0,82
Этилен	92,22	98,42	540	3,1	32	2284	1,42
Пропилен	86,31	92,29	455	2,4	11	2224	—
Бутилен	113,90	121,80	440	2,0	9,6	2203	—
Сероводород	23,48	25,48	290	4,3	45,5	2620	—
Природный	35,70	39,90	—	5	15	2040	—
Попутный	50,40	63,00	—	2	9	2080	—
Коксовый	18,06	19,74	640	5—6	30—32	2120	1,7
Сланцевый	15,38	18,06	700	6—8	30—40	1980	1,3

Примечание. Для сложных газов приведенные значения являются усредненными.

давления (без снижения температуры) переходят в жидкое состояние. При снижении давления эти углеводородные жидкости испаряются и переходят в паровую фазу. Это позволяет перевозить и хранить сжиженные углеводороды, как жидкости, а контролировать, регулировать и сжигать газообразные углеводороды, как газы.

Особенностями газообразных углеводородов являются: высокая плотность, значительно превышающая плотность воздуха; медленная диффузия в атмосферу, низкие температуры воспламенения, низкие пределы взрываемости в воздухе, высокий объемный коэффициент расширения жидкой фазы и другие факторы, которые повышают требования при их использовании.

Физико-химические свойства сжиженных углеводородных газов приведены в табл. 8.2.

Из углеводородных сжиженных газов в качестве топлива главным образом используются пропан, бутан и их смеси. Соотношение пропана и бутана в смеси этих газов устанавливается по соглашению между потребителем и поставщиком газа.

Технический пропан является универсальным сжиженным газом, так как он может применяться при естественном и искусственном испарении жидкости в пределах изменения темпе-

Таблица 8.2. Физико-химические свойства сжиженных углеводородных газов

Показатели	Этан C_2H_6	Пропан C_3H_8	Бутан C_4H_{10}	Изобутан C_4H_{10}	Этилен C_2H_4	Пропилен C_3H_6	Бутилен C_4H_8
Плотность паров ρ, кг/м^3	1,36	2,02	2,70	2,67	1,26	1,92	2,50
Плотность жидкости ρ, кг/м^3, при t = 0 °С и P = 0,1 МПа	546	585	600	594	566	609	646
Отношение объема газа к объему жидкости при t = 0 °С и P = 0,1 МПа	294	272	237	229	340	287	258
Температура кипения при P = 0,1 МПа	—88,5	—42,1	—0,6	—10,2	—103,7	—0,47	—5
Скрытая теплота испарения при P = 0,1 МПа:							
МДж/кг	0,49	0,43	0,39	0,38	0,49	0,44	0,41
МДж/л	0,23	0,22	0,23	0,22	0,22	0,23	0,26
Объем паров с 1 кг при 0 °С и P = 0,1 МПа	0,745	0,51	0,386	0,386	0,8	0,52	0,4

ратур от +45 до —35 °С. Это позволяет в любое время года устанавливать баллоны и резервуары с жидким пропаном в отапливаемых и неотапливаемых помещениях, снаружи здания и в грунте. Достоинством пропана является и то, что образующиеся в начале и в конце опорожнения емкостей пары при любом методе испарения почти однородны по своему составу.

Газ, подаваемый в города и населенные пункты, согласно ГОСТ 5542—78 должен удовлетворять следующим требованиям: содержание в нем вредных примесей на 100 м^3 газа не должно превышать (г):

сероводорода	2	смолы и пыли	0,1
аммиака	2	нафталина летом	10
цианистых соединений в пересчете на HCN	5	нафталина зимой	5

Содержание кислорода не должно быть более 1 % по объему. Запах нетоксичных газов должен ощущаться при содержании их в воздухе в количестве не более 1/5 от нижнего предела воспламеняемости, а запах токсичных газов — при содержании их в воздухе и в количествах, допускаемых санитарными нормами, для чего газ должен одорироваться, если он не обладает достаточно сильным и характерным запахом.

Сжиженные газы, используемые промышленными, коммунальными и бытовыми потребителями, согласно ГОСТ 20448—80 должны отвечать требованиям, указанным в табл. 8.3.

Таблица 8.3. Требования к сжиженным газам

Наименование показателей	Нормы по маркам		
	пропан технический	бутан технический	смесь технических пропана и бутана
Компонентный состав, % (объемные):			
этан-этилен	Не более 4	Нет	Не более 4
пропан-пропилен	Не менее 93	Не более 4	—
бутан-бутилен	Не более 3	Не менее 93	—
пентаамилены	Нет	Не более 3	Не более 3
Жидкий остаток, % (объемные) при температуре:			
—20 °С	Не более 2	Не нормируется	—
+20 °С	Нет	Не более 2	Не более 2
Давление насыщенных паров избыточное, МПа, при температуре:			
—20 °С	Не менее 0,16	Не нормируется	—
+45 °С	Не более 0,16	0,42—0,4	Не более 0,16
Содержание сероводорода, *на 100 м³*	Не более 5	Не более 5	Не более 5
Запах	Должен ощущаться при содержании в воздухе 0,5 % (объемных) газа		

§ 8.2. Токсические свойства газов и вредные примеси

Горючие газы часто содержат токсические (отравляющие) примеси: окиси углерода (CO), сероводород (H_2S), сероуглерод (CS_2), цианистый водород, аммиак (NH_3) и др. Токсическое воздействие на организм человека происходит за счет действия ядовитых примесей и продуктов неполного сгорания.

Окись углерода — один из сильнейших ядов, по токсическим свойствам является составным компонентом искусственных горючих газов и может образовываться при несовершенстве и плохой эксплуатации горелочных и топочных устройств. Кроме указанных вредных примесей, в газе содержатся вещества, способные уменьшать сечение газопроводов или закупоривать их: смола, нафталин, водяные пары при их конденсации, пыль и продукты коррозии металла. Наличие влаги в газе приводит к образованию в трубах снежных ледяных пробок, которые могут полностью закупорить газопровод. Водяные пары способствуют коррозии газопроводов, арматуры и аппаратуры. В горючем газе содержатся и балластные примеси, к которым относят азот и углекислоту. Наличие значительных количеств балластных примесей снижает теплоту сгорания и увеличивает его удельный вес. Эти факторы

приводят к увеличению диаметра газопровода и, как результат, к росту металловложений на сооружение газопроводов.

Для снижения содержания токсичных и других вредных примесей газ подвергают обработке и очистке. Очистку газа от механических примесей производят и непосредственно перед газовыми приборами, пропуская его через специальные газовые фильтры. Обработка газа заключается в очистке, охлаждении, осушке, улавливании различных продуктов и, если необходимо, в одоризации.

Отсутствие запаха вообще у большинства природных и искусственных горючих газов и наличие весьма слабого запаха у некоторых горючих газов затрудняет своевременное обнаружение места утечки газа и присутствия его в помещении. Это приводит к необходимости одоризации горючего газа специальными жидкостями, обладающими резким и неприятным запахом. Наибольшее применение для одоризации горючих газов получил этилмеркаптан (C_2H_5SH), среднегодовая норма расхода которого на 1000 м³ природного газа составляет 16 г, или 19,1 см³.

§ 8.3. Концентрационные пределы взрываемости газовоздушных смесей

Горючие газы могут воспламеняться или взрываться, если они смешаны в определенных соотношениях с воздухом и нагреты не ниже температуры их воспламенения. Воспламенение и дальнейшее самопроизвольное горение газовоздушной смеси при определенных соотношениях газа и воздуха возможно при наличии источника огня (даже искры).

Различают нижний и верхний пределы взрываемости — минимальное и максимальное процентное содержание газа в смеси, при которых может произойти воспламенение ее и взрыв.

По химической сущности взрыв газовоздушной смеси — процесс очень быстрого (мгновенного) горения, приводящий к образованию продуктов горения, имеющих высокую температуру, и резкому возрастанию их давления.

Расчетное избыточное давление при взрыве таких смесей следующее: природный газ — 0,75 МПа, пропана и бутана — 0,86, водорода — 0,74, ацетилена — 1,03 МПа. В практических условиях температура взрыва не достигает максимальных значений и возникающие давления ниже указанных, однако они вполне достаточны для разрушения не только обмуровки котлов, зданий, но и металлических емкостей, если в них произойдет взрыв.

Пределы взрываемости смесей горючих газов с воздухом различны и зависят от химического свойства газов. Значения пределов взрываемости приведены в табл. 8.1.

Основной причиной образования взрывных газовоздушных смесей является утечка газа из систем газоснабжения и отдельных

ее элементов (неплотность закрытия арматуры, износ сальниковых уплотнений, разрывы швов газопроводов, негерметичность резьбовых соединений и т. д.), а также несовершенная вентиляция помещений, топки и газоходов котлов и печей, подвальных помещений и различных колодцев подземных коммуникаций.

Задачей эксплуатационного персонала газовых систем и установок является своевременное выявление и устранение мест утечек газа и строгое выполнение производственных инструкций по использованию газообразного топлива, а также безусловное качественное выполнение планово-предупредительного осмотра и *ремонта систем газоснабжения и газового оборудования.*

§ 8.4. Предотвращение химического недожога

При несовершенном сжигании природных и сжиженных углеводородных газов продукты сгорания содержат некоторые количества окиси углерода, водорода, различных углеводородов и сажистых частиц. Присутствие всех этих веществ в значительных количествах является недопустимым как по причине загрязнения атмосферы ядовитыми и канцерогенными веществами, так и потому, что это приводит к снижению коэффициента полезного действия установок, работающих на газовом топливе. Окись углерода и водород, углеводород и сажа обнаруживаются в продуктах сгорания при сжигании газа с недостаточным количеством воздуха, при неудовлетворительном их смешении до горения и в процессе горения, а также при чрезмерном охлаждении пламени до завершения реакции горения.

Количество окислов азота, которые образуются при сжигании органических топлив, зависит от коэффициента избытка воздуха α, температур в пламенной зоне и топке и времени контакта реагирующих компонентов. Максимальное содержание окислов азота соответствует $\alpha = 1{,}2$. При снижении или увеличении коэффициента избытка воздуха содержание окислов азота уменьшается.

Снижая коэффициент избытка воздуха и сокращая время пребывания газов в топке, можно снизить содержание окислов азота в продуктах сгорания. Снизить содержание окислов азота можно также путем увеличения α до 1,5—1,6.

Для сжигания газа в бытовых плитах применяются инжекционные многофакельные горелки, работающие с коэффициентом $\alpha < 1$. Недостающий для сгорания газа воздух поступает в виде вторичного с периферии или с периферии и центра из окружающей атмосферы. Опыты показали, что полнота сгорания зависит от содержания первичного воздуха в смеси, расстояние от огневых каналов горелок до днища посуды, способа подвода вторичного воздуха, вида горючего газа и величины тепловой нагрузки. Минимальное содержание окиси углерода соответствует $\alpha = 0{,}6$ и выше, расстоянию от горелки до дна посуды, равному 30 мм.

В горелках с двусторонним подводом вторичного воздуха содержание окислов азота в 1,5 раз меньше, чем в горелках с периферийным подводом воздуха.

Для сжигания сжиженных углеводородных газов необходимо применять горелки с двусторонним подводом вторичного воздуха при расстоянии от горелки до дна посуды около 30 мм, содержании первичного воздуха в смеси не менее 0,6 от теоретически необходимого.

Сжигание газа в топках котлов средней и большой паропроизводительности необходимо, как правило, осуществлять с помощью горелок с периферийной подачей струй газа в закрученный поток воздуха. Для получения прозрачных пламен и уменьшения образования сажистых частиц, многоядерных ароматических углеводородов и других продуктов химического недожога горелки необходимо оборудовать камерами предварительного смешения глубиной около 0,75—1 калибра горелки. Более надежное сжигание газа в прозрачном факеле может быть достигнуто путем подачи в газораспределительный коллектор предварительно подготовленной газовоздушной смеси с коэффициентом $\alpha = 0{,}4 \div 0{,}6$.

§ 8.5. *Приспособляемость горелок к газам разных физико-химических характеристик*

В практике иногда приходится переделывать горелки в связи с изменением основных характеристик газового топлива, так как работа на газе, отличающемся по своим характеристикам от расчетных, приводит к изменению тепловой нагрузки горелки, к ухудшению условий сгорания и, как следствие, к образованию химического недожога. Не изменяя основные конструктивные элементы горелки, можно приспособить ее к работе на новом составе газа, не снижая качества ее работы.

Для поддержания неизменной тепловой нагрузки горелки при *изменении теплоты сгорания газа до* ± 10 *% можно изменить* только давление газа перед горелкой по формуле

$$P_2 = P_1 \frac{\rho_2}{\rho_1} \left(\frac{Q_{н_1}}{Q_{н_2}} \right)^2. \qquad (8.1)$$

При изменении теплоты сгорания в пределах 10—30 % от расчетной существующие горелки также можно сохранить, изменив размеры отверстий для выхода газа и его давление. При более значительном изменении теплоты сгорания газа горелки следует заменить.

У инжекционных горелок низкого давления для сохранения тепловой нагрузки новый диаметр газового сопла должен быть равен

$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{Q_{н_1}}{Q_{н_2}} \sqrt{\frac{P_1 \rho_2}{P_2 \rho_1}}}. \qquad (8.2)$$

Если давление газа перед горелкой не может быть изменено, то

$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{Q_н}{Q_н} \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}}, \qquad (8.3)$$

где d_2 и d_1 — новый и существующий диаметры сопел; $Q_{н_2}$ и $Q_{н_1}$ — *действительная теплота сгорания газа и расчетная*; ρ_2 и ρ_1 — плотность газов нового состава и расчетного; P_2 и P_1 — новое давление и расчетное.

Когда давление газа в сети достаточно, для сохранения тепловой нагрузки можно изменить давление перед горелкой (при сохранении диаметра сопла) по формуле (8.1).

Для дутьевых горелок необходимо также изменить и давление воздуха до величины

$$H_2 = H_1 \left(\frac{Q_{н_1} n_2}{Q_{н_2} n_1} \right)^2. \qquad (8.4)$$

где H_2 и H_1 — давление воздуха при газе нового состава и расчетного; n_2 и n_1 — кратность подачи воздуха при новом и старом составе газа.

Глава II. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

§ 8.6. Обслуживание газопроводов

Задача эксплуатационников — обеспечить бесперебойное и безопасное снабжение газом различных потребителей. Выполнение ее осложняется тем, что газопроводы, кроме некоторых сооружений и вводов, недоступны для внешнего осмотра и проверки.

В состав работ по эксплуатации подземных газопроводов входят профилактическое обслуживание и наблюдение за подземными газопроводами, их текущий ремонт. Капитальный ремонт газопроводов обычно производят строительные организации по заказу трестов и контор газового хозяйства или сами эксплуатационные организации.

Профилактический надзор и обслуживание подземных газопроводов, их арматуры и сооружений производится с целью своевременного выявления и устранения повреждений и утечки газа, а также для предотвращения скопления загрязнений в газопроводах, чтобы обеспечить бесперебойное снабжение потребителей газом и создать условия для безопасной работы при эксплуатации систем газоснабжения.

При профилактическом обслуживании газопроводов выполняются следующие работы:

осмотр и проверка на загазованность колодцев и камер подземных сооружений;

наблюдение за коверами и настенными знаками;

проверка сборников конденсата и удаление последнего;

наблюдение за состоянием дорожного покрытия и производством работ вблизи газопроводов с целью защиты их от повреждений;

проверка давления газа в газопроводах;

выявление и устранение закупорок газопроводов;

буровой и шурфовой осмотр и устранение выявленных утечек газа;

проверка и мелкий ремонт арматуры, установленной на газопроводах;

составление технической документации (ведение журнала, составление протоколов, эскизов, выдача уведомлений и т. д.).

Профилактическое обслуживание подземных газопроводов и сооружений на них путем обхода трасс в городах и населенных пунктах должно производиться в сроки, обеспечивающие безопасность эксплуатации газопроводов и устанавливаемые управлениями (трестами, конторами) газового хозяйства.

Сроки обхода трасс должны утверждаться вышестоящей организацией, в непосредственном подчинении которой находится газовое хозяйство. При определении сроков обхода должны учитываться конкретные условия эксплуатации газопроводов (продолжительность эксплуатации, состояние газопровода, давление газа, пучинистость грунтов, их коррозионная активность, наличие блуждающих токов и защиты, характер местности и ее заселенности).

При обходе трассы газопровода проверяют на загазованность все подвалы, коллекторы и колодцы, а также все подземные сооружения и емкости, находящиеся на расстоянии до 15 м по обе стороны от подземных газопроводов. В случае обнаружения в каком-либо из сооружений опасной концентрации газа дополнительно проверяют загазованность колодцев всех подземных сооружений и подвалов домов в радиусе не менее 50 м от газопровода. О загазованности сооружений проверяющие должны немедленно ставить в известность организации, эксплуатирующие сооружения и коммуникации, в которых обнаружена утечка газа.

Если установлено, что в подвалах зданий появился газ, то следует немедленно принять меры для предупреждения всех людей, находящихся в этих зданиях, о недопустимости курения, а также пользования огнем и электроприборами. При явной опасности люди должны покинуть здание. Результаты осмотра и проверки заносятся в журнал или фиксируются актами.

Загазованность в подвалах, коллекторах и колодцах проверяется газоанализаторами. Непосредственно в подвалах применяются газоанализаторы взрывобезопасной конструкции, например ПГФ-2-ВЗГ или ПГФ-2М-ИЗГ. Особую осторожность и оперативность необходимо проявить при обнаружении газа в подвалах зданий: срочно проветрить подвалы, проверить газоанализаторами проникание газа в квартиры вышележащих этажей. В особо ответственных и труднодоступных участках газопроводов устанавливают контрольные трубки; с их помощью легко определяют наличие газа.

Для удобства обслуживания трасс газопровода составляются маршрутные карты. На них наносятся все сооружения вдоль трассы с соответствующими номерами. Кроме графиков периодических работ, составляют графики осмотра и проверки газовых колодцев 2 раза в год. При этом выполняются такие работы, как очистка колодцев от грязи и других посторонних предметов, проверка состояния задвижек и компенсаторов, окраска колодцев и оборудования в них.

Ответственной задачей является проверка конденсатосборников и гидрозатворов. Удаление конденсата из газопроводов осуществляется по специальному графику. Откачка конденсата производится из гидрозатвора и конденсатосборников низкого давления — ручными насосами или мотонасосами, а из газопроводов среднего и высокого давлений — только мотонасосами. Конденсат удаляется в специальную емкость, которая опорожняется в заранее отведенном месте. При откачке конденсата нельзя допускать к месту работы посторонних лиц, курить и пользоваться открытым огнем.

Местоположение различных сооружений на подземных газопроводах определяется при помощи настенных знаков (указателей) с цифрами величин привязки этих сооружений. Эти настенные указатели надо регулярно проверять и корректировать, а в случае их поломки или отсутствия — обязательно восстанавливать.

Одна из наиболее важных и ответственных задач эксплуатации подземных газопроводов — обеспечение и поддержание постоянной величины давления газа в сетях. Это особенно важно для газопроводов низкого давления, так как от них питаются многочисленные жилые дома и коммунально-бытовые потребители. Изменение давления газа резко ухудшает условия работы газовых приборов и может привести к самопроизвольному погасанию факела горелок.

Для предупреждения нарушений работы газопроводов, поддержания в них необходимого давления газа, изучения режима их работы не реже 2 раз в год производят замеры давления газа (в период наибольшего расхода зимой и наименьшего летом). Давление газа замеряют каждый раз в одной и той же точке на каждые 500 м газопровода. По полученным величинам давления газа строят карты давлений в газовых сетях. По картам легко определяют те участки, где имеется наибольший перепад давлений.

Для ликвидации этих перепадов и улучшения режима газоснабжения выполняют следующие мероприятия: изменяют выходное давление газа на газорегуляторных пунктах, питающих газопроводы; заменяют отдельные участки газопроводов для увеличения их пропускной способности; кольцуют газовые сети или устанавливают устройство дополнительной подпитки газопроводов; устраняют обнаруженные закупорки.

Подземные стальные газопроводы всех давлений после ввода их в эксплуатацию подвергаются периодическим плановым реви-

зиям (буровым и шурфовым осмотрам) с целью проверки их герметичности, состояния наружной поверхности труб, изоляции, арматуры и т. д. в следующие сроки:

газопроводы в застроенной части города или населенного пункта, расположенные в зонах с высокой коррозионной активностью грунтов, а также дворовые газопроводы независимо от условий их расположения должны осматриваться при помощи шурфования и бурения не реже чем через каждые 5 лет;

газопроводы, расположенные в незастроенной части города при некоррозионных грунтах, — не реже чем через каждые 10 лет.

Буровой осмотр производится для точного определения мест утечки газа, выявленных при проверке колодцев и других сооружений. С этой целью вдоль трассы газопровода через каждые 2 м, а при наличии сварочной схемы газопровода над каждым стыком бурятся скважины. Диаметр скважины 20—30 см, глубина зависит от расстояния до верха трубы. Если бурят в мерзлом грунте, то отметка дна скважины должна быть ниже отметки промерзания грунта. В летний период при бурении скважины не доходят до верха трубы на 20 см. Скважины необходимо располагать в шахматном порядке на расстоянии 300—500 мм от стенки трубы. Наличие газа в скважине определяют газоанализаторами, а если скважины расположены на расстоянии более 3 м от зданий и колодцев, то и огнем.

На проездах (в местах расположения газопроводов) перед проведением работ по капитальному ремонту или реконструкции дорожного покрытия газопроводы независимо от срока их предыдущей ревизии и ремонта должны осматриваться и при необходимости ремонтироваться. Для обеспечения сохранности газопроводов и их арматуры во время дорожных и строительных работ служба горгаза устанавливает наблюдение за этими работами.

При раскопках, производимых в зоне газопроводов посторонними организациями, необходимо обнаженные участки газопроводов засыпать слоем песка высотой не менее 0,2 м с тщательной подбивкой постели. Если при раскопке траншеи или котлована газопровод оказывается в призме обрушения, то дальнейшие работы производятся с устройством креплений. Если при раскопках участок газопровода длиной 2 м и более провисает или на вскрытом участке газопровода обнаруживается стык, то такой участок необходимо надежно «подвесить» во избежание прогибов или переломов.

§ 8.7. Закупорка газопроводов и способы ее ликвидации

В случае появления жидкостных пробок производят проверку сборника конденсата или гидрозатвора и удаление конденсата, устраняют провис путем выправления уклона газопровода или установки дополнительного сборника конденсата.

Снежно-ледяные, гидратные и нафталиновые закупорки устраняют путем заполнения газопровода растворителем, отогрева газопровода паром от подвижного котла с последующим удалением конденсата, а также шкуровкой газопровода стальной проволокой диаметром 5—8 мм, прочисткой скребками и ершом.

Для удаления загрязнения (окалины, грязи, пыли т. д.) газопровод продувают инертным газом. При разрывах дефектный стык вырезают и вместо него в газопровод вваривают катушку длиной 0,4—0,8 м из такой же трубы.

На газопроводах низкого и среднего давления неполный разрыв стыков можно ликвидировать путем установки временных ремонтных муфт. Для этого на поврежденный стык предварительно устанавливают металлический бандаж с резиновой прокладкой, стягиваемой болтами. Бандаж приваривают к газопроводу, уголки с болтами срезают. После этого на бандаж надвигают состоящую из двух половинок муфту, которую конопатят асбестовым шнуром, отбортовывают, а затем приваривают к трубе.

Плотность соединения приваренной муфты испытывают воздухом, подаваемым через отверстие в ней. После испытания пробку в муфте заваривают. При местной коррозии газопровода поврежденный участок заменяют новым или на место повреждения устанавливают и приваривают муфту.

Кроме ремонтных, непосредственно на газопроводе выполняют и другие работы: исправление или смену коверов, ремонт сборников конденсата, гидрозатворов, контрольных трубок, контрольных пунктов для измерения блуждающих токов, электроизолирующих фланцев, задвижек, кранов и защитных устройств. Результаты осмотра и ремонта вносят в паспорт газопровода. При капитальном ремонте газопроводов заменяют участки, подверженные коррозии, восстанавливают поврежденную изоляцию, меняют и ремонтируют арматуру. По окончании ремонта газопровода составляют исполнительные чертежи (в двух экземплярах) и акт за подписями ответственного исполнителя и приемщика выполненных работ.

§ 8.8. Эксплуатация средств электрозащиты подземных газопроводов

Эксплуатация средств электрозащиты осуществляется специально обученными работниками. На каждую установку необходимо иметь паспорт и журнал контроля работ. В паспорте содержится техническая характеристика и режим работы этих установок, в журнал заносятся все работы, связанные с осмотром и проверкой установок.

Обслуживание установок заключается в периодических осмотрах и контрольных замерах. Замер потенциалов на контактных устройствах должен производиться не реже 4 раз в месяц на

дренажных установках, 2 раз в месяц на катодных установках, 1 раза в месяц на протекторных установках.

При периодических осмотрах дренажных установок проверяют: целостность монтажа, отсутствие различных повреждений, плотность контактов, наличие предохранителей и их исправность, состояние контактов реле и дренажной установки, их чистоту и наличие предохранителей.

Во время осмотра катодной установки убеждаются в наличии тока и напряжения источника питания, в целостности монтажа установки и отсутствии различных повреждений, в плотности контактов.

При профилактическом осмотре протекторной защиты проверяют плотность контактов и отсутствие различных повреждений в контактных устройствах.

При периодических контрольных замерах на дренажных установках измеряются: величина и направление тока, величина и разность потенциалов между газопроводом и рельсами, при которых срабатывает дренажная установка, а также средняя величина этой разности. Проверяется также, разорвется ли цепь дренажа при перемене полярности газопровода относительно рельсов, определяется разность потенциалов между газопроводом и землей. Проверяется исправность имеющихся контрольно-сигнальных устройств.

При периодических контрольных замерах на катодных установках производится: измерение величин выходного напряжения тока, разности потенциалов между землей и газопроводом, проверка состояния анодного заземления и имеющихся контрольно-сигнальных устройств.

Периодическими контрольными замерами на установках протекторной защиты предусматривается: измерение потенциала газопровода относительно земли при включенной и отключенной защите, а также измерение тока, протекающего по цепи «протектор—газопровод», и сопротивления в этой цепи.

Если потенциал трубопровода на участке подключения электродов будет меньше минимального защитного потенциала, то проверяют целостность провода между протектором и газопроводом, а также места его соединения с газопроводом и протектором. Не реже 1 раза в год проверяют эффективность действия протекторной установки. Все результаты осмотра и контрольных замеров заносят в специальный журнал.

Глава III. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВНУТРИДОМОВОГО ГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

§ 8.9. Обслуживание газовых приборов

Ответственность за состояние и правильную эксплуатацию внутридомового газового оборудования и газопроводов в городах и поселках несут эксплуатационные организации газового хозяй-

ства. Ведомственные и частные дома обслуживаются соответствующими домоуправлениями (ЖЭК), эксплуатационными организациями газового хозяйства (по договорам с ними) или владельцами домов.

Основной формой обслуживания газового оборудования жилого дома является периодический профилактический осмотр и ремонт газовых приборов и внутридомового газопровода, производимый в плановом порядке и по заявкам потребителей. Установлена следующая периодичность профилактического осмотра в жилых домах: контрольная опрессовка газопроводов осуществляется 1 раз в 5 лет, сроки профилактического осмотра внутридомовых газопроводов устанавливаются органами газового хозяйства по согласованию с Госгортехнадзором, текущий ремонт производится 1 раз в год, смазка кранов и перенабивка сальников на стояках и вводах — 1 раз в год, смазка кранов у приборов — в срок профилактики.

Профилактический осмотр газовых плит и быстродействующих водонагревателей производят 1 раз в 2 месяца. Емкостные водонагреватели, отопительные, отопительно-варочные печи и другие приборы, имеющие автоматическое устройство, осматриваются 1 раз в месяц.

При профилактическом осмотре в обязательном порядке выполняются следующие работы:

осмотр всех газопроводов начиная от крана на вводе, обмыливание всех соединений с целью проверки состояния и герметичности соединений и арматуры на газопроводе — при каждом посещении по графику;

смазка кранов на вводе, ответвлениях в квартиры и к стоякам — по мере необходимости;

проверка креплений на газопроводе — при каждом посещении по графику;

проверка работы арматуры газовых приборов 1 раз в 3 месяца;

снятие горелок и прочистка сопел — по мере необходимости;

проверка плотности соединений — при каждом посещении по графику;

регулировка всех горелок плиты — по мере надобности;

проверка исправности автоматики блок-крана и автоматики безопасности у проточных водонагревателей — по графику;

регулирование подачи воды и газа с проверкой работы водонагревателя на разных режимах — по графику.

§ 8.10. Эксплуатация дымовых и вентиляционных каналов

В существующих зданиях пригодность дымоходов для присоединения к ним газовых приборов и отопительных печей, работающих на газовом топливе, проверяется обученными этому виду работ инженерно-техническими работниками организаций, эксплу-

атирующих эти здания, и трубочистных секторов жилищно-эксплуатационных контор, РЖУ или добровольными пожарными обществами. Периодическая проверка и прочистка дымоходов производится домоуправлениями в следующие сроки:

кирпичных дымоходов от газовых водонагревателей — 1 раз в квартал, асбестоцементных — 1 раз в год;

дымоходов от отопительных печей — 1 раз в год (перед отопительным сезоном);

дымоходов отопительно-варочных печей — 3 раза в год (перед началом и среди отопительного сезона, а таже в весеннее время с наступлением оттепели);

остальных дымоходов отопительных печей и котлов — 1 раз в год (перед отопительным сезоном).

При осмотре дымоходов следует проверять: соответствие их устройств и примененных материалов; наличие нормальной тяги и отсутствие засорений; плотность и обособленность (дымоход считается плотным, если дым из него не проникает в помещение или вентиляционные каналы); наличие и исправность разделок; исправность и правильность расположения оголовка относительно крыши и близко расположенных сооружений и деревьев (дымоход должен находиться вне зоны ветрового подпора). Проверке и прочистке подлежат и вентиляционные каналы. Результаты обследования оформляются актом установленной формы.

В зимнее время не реже 1 раза в месяц должен производиться осмотр оголовков дымоходов с целью предотвращения замерзания и закупорки устьев дымоходов. Результаты проверки состояния оголовков и их ремонт должны отмечаться в специальном журнале домоуправления или ЖЭК.

После каждого ремонта дымоходы проверяют и прочищают независимо от срока предыдущей их проверки. Организация, производящая ремонт дымоходов, обязана известить о нем трест или контору газового хозяйства.

Глава IV. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГАЗОВОГО ХОЗЯЙСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ И КОММУНАЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

§ 8.11. Ввод в эксплуатацию систем газоснабжения

Ввиду специфичности газового топлива (токсичность при содержании в газе окиси углерода и возможность образования с воздухом взрывной смеси) к эксплуатации промышленных установок, работающих на нем, предъявляются повышенные требования. На всех предприятиях и в организациях, использующих газ в качестве топлива, приказами по предприятию из числа руководящих работников или ИТР должны назначаться лица, ответственные за безопасную эксплуатацию газового хозяйства. В отдельных цехах и отделах также должны быть ответственные. Лица,

которые отвечают за эксплуатацию газового хозяйства, должны сдать экзамен на знание «Правил безопасности в газовом хозяйстве» в объеме выполняемой ими работы. Повторная проверка знаний проводится 1 раз в 3 года.

К работе по эксплуатации газопроводов и обслуживанию агрегатов, использующих газовое топливо, допускаются рабочие, обученные безопасным методам работы и сдавшие экзамен комиссии, назначенной предприятием. Результаты экзаменов оформляются протоколом, а рабочим выдаются удостоверения. Повторная проверка знаний проводится ежегодно.

Проверка знаний по безопасным методам работы у операторов котельных, промышленных печей и агрегатов, использующих газовое топливо, а также у рабочих (в том числе сварщиков), занятых на выполнении газоопасных работ, должна проводиться комиссиями при участии участкового инспектора местного органа Госгортехнадзора СССР.

Анализ неполадок и аварий при использовании газа в промышленных и коммунальных установках показывает, что подавляющее большинство случаев происходит при пуске газа и розжиге агрегатов после ремонта или длительной остановки их. Ввод в эксплуатацию систем газоснабжения промышленных и коммунальных объектов допускается только после полной их приемки специальной комиссией, в состав которой должны входить представители заказчика, строительно-монтажной организации, треста или конторы газового хозяйства города, а также представитель местного органа Госгортехнадзора СССР.

Для ввода в эксплуатацию необходимо иметь: акт о приемке системы газоснабжения; приказ о назначении работников из числа ИТР, ответственных за газовое хозяйство; документы об обучении и проверке знаний ИТР и рабочих, обслуживающих газовое хозяйство; утвержденные инструкции по эксплуатации газопроводов и агрегатов, использующих газовое топливо, и схемы газопроводов, на которые нанесена вся отключающаяся арматура с соответствующей нумерацией; планы ликвидации возможных аварий. Пуск газа осуществляется работниками предприятия в присутствии представителей службы горгаза.

Бригады, производящие пуск газа, обязаны до начала работ осмотреть газопроводы и газовое оборудование, проверить действие предохранительных устройств и регуляторов давления. После осмотра производится контрольная опрессовка воздухом:

наружный газопровод (надземный и подземный) независимо от давления испытывается на давление 0,02 МПа; падение давления за 1 ч не должно превышать 0,0001 МПа;

внутрицеховые газопроводы и газопроводы котельных испытываются на давление 0,01 МПа; падение давления за 1 ч не должно превышать 0,0006 МПа.

После опрессовки газопроводы продувают газом. Газопроводы низкого давления продувают при расчетном давлении газа в сети,

а газопроводы среднего давления — при давлении 0,005—0,010 МПа. Продувку выполняют осторожно и медленно.

На каждый принятый и введенный в эксплуатацию газопровод составляется паспорт. В процессе эксплуатации в него заносят сведения о всех работах по ремонту, реконструкции и т. п.

§ 8.12. Эксплуатация газового оборудования котельной

К пуску, обслуживанию и ремонту газопроводов и газового оборудования котельных допускаются работники, прошедшие медицинский осмотр, инструктаж по технике безопасности, закончившие производственное обучение и сдавшие экзамен квалификационной комиссии.

Растопка котла смонтированного (капитально отремонтированного), подведомственного органам Госгортехнадзора СССР, допускается после приемки газового оборудования, оформленной актом приемочной комиссии, при условии регистрации (освидетельствования котла) и при наличии разрешения инспектора котлонадзора, записанного в паспорт котла. Котел, не регистрируемый в местных органах Госгортехнадзора СССР, растапливают по письменному распоряжению лица, ответственного за его безопасную эксплуатацию. Пуск любого котла ведется по письменному распоряжению и под руководством начальника котельной или лица, соответствующего ему по должности, после внесения необходимой записи в сменный журнал.

Перед пуском котлов на газовом топливе необходимо проверить:

состояние газопроводов и арматуры на нем, воздухорегулировочных шайб или заслонок, шиберов, КИП и автоматики;

состояние кладки, гарнитуры и наличие тяги;

все ли запорные устройства (краны, задвижки) на газопроводе закрыты, за исключением арматуры, установленной на продувочных трубопроводах и свечах безопасности;

наличие необходимого давления газа в газопроводе котельной.

В процессе подготовки необходимо тщательно вентилировать топки и газоходы всех котлоагрегатов путем открытия шиберов, пуска дутьевых вентиляторов и дымососов. Вентиляция топок должна продолжаться не менее 10—15 мин. Качество вентиляции проверяется газоанализатором на отсутствие в газоходах метана.

Розжиг горелок можно начинать только при наличии разрежения в топке не менее 0,00001—0,00002 МПа при строгом соблюдении производственной инструкции (как и дальнейшее обслуживание котлов).

При наличии автоматики безопасности розжиг горелок котла необходимо производить по схеме автоматического розжига.

Для ручного розжига горелок независимо от их типа и схемы газопроводов котла надо иметь устойчивое пламя запальной го-

релки. Если запальник гаснет, немедленно прекращают подачу газа к запальнику, удаляют запальник из топки, открывают кран на свече безопасности и вентилируют топку и газоходы в течение 10—15 мин.

Устранив причину срыва пламени запальника, производят повторную проверку качества вентиляции топки и приступают к розжигу горелки. При нормальном воспламенении газа, вытекающего из основной горелки, постепенно повышают давление газа, контролируя его по манометру перед горелкой, а затем подают в нее необходимое количество воздуха. Переносится запальник к последующей горелке. После включения первой горелки закрывают кран на продувочном газопроводе. При включении последней горелки котла закрывают кран запальника и закрепляют его на предусмотренном месте. Окончание растопки котла фиксируется в сменном журнале.

Включение горелок, особенно в холодной топке, является одним из ответственных моментов эксплуатации котельной установки, так как в это время наиболее часто происходят взрывы газовоздушной смеси, образовавшейся в топке и газоходах. Причинами загазованности топки и возникновения взрыва при включении горелок может явиться:

неисправность арматуры горелок и ошибки персонала при фиксации их положения;

неправильная установка запальника по отношению к разжигаемой горелке, погасание факела запальника и неудовлетворительная вентиляция топки и газоходов;

некачественная продувка газопроводов, в том числе продувка их через горелки;

повторное включение горелки без предварительной вентиляции топки и газоходов;

значительное поступление воздуха через воздухорегулировочные устройства;

розжиг соседней горелки от работающей без применения запальника.

При наличии на предприятии газорегуляторных пунктов (ГРП) о подготовке к пуску теплоагрегатов необходимо поставить в известность работника, обслуживающего ГРП, и получить от него подтверждение возможности пуска.

По окончании работы котлов следует осмотреть их газопроводы, воздуховоды, арматуру и аппаратуру и сделать соответствующие записи в сменном журнале.

В котельной, на видном и доступном месте, должны быть вывешены схемы паропроводов, водопроводов и газопроводов с указанием всей арматуры на них, а также все эксплуатационные инструкции. Инструкции составляются в соответствии с требованиями действующих правил, применительно к даниым коикретным условиям с учетом опыта эксплуатации и результатов испытаний оборудования. В ииструкциях по обслуживанию оборудования

Таблица 8.4. Сроки проведения профилактических осмотров и ремонтов газового оборудования

Объект	Содержание работ	Сроки проверки
	Планово-предупредительные осмотры	
Все оборудование и приборы	Внешний осмотр	Ежедневно
Запорная арматура	Проверка плавности хода и плотности закрытия	1 раз в месяц
Фильтр газовый	Проверка засоренности без вскрытия	1 раз в месяц
ПЗК	Проверка параметров настройки	После ремонта и 1 раз в 2 месяца
Регулятор давления	Проверка плавности регулирования и плотности закрытия	После ремонта и 1 раз в месяц
Сбросные устройства	Проверка на срабатывание и плотности закрытия клапана	1 раз в 2 месяца
	Проверка уровня жидкости	Ежедневно
Разъемные соединения и сальники	Проверка на герметичность	1 раз в неделю
Помещение котельной	Проверка загазованности на запах; отбор проб воздуха для лабораторного анализа	Постоянно при работе оборудования 1 раз в месяц
Газогорелочные устройства	Проверка плавности регулирования подачи воздуха	Ежедневно
	Планово-предупредительный ремонт	
Запорная арматура	Разборка, очистка, смазка, замена сальникового уплотнения и плотности закрытия	1 раз в год
Фильтр газовый ПЗК	Разборка, очистка кассеты	1—4 раза в год
	Разборка, очистка, проверка узлов и деталей	1 раз в год
Сбросные устройства	Разборка, очистка, проверка уплотнения клапана и мембраны	1 раз в год
	Очистка стекол и штуцеров у гидропредохранителя	4 раза в год
Регулятор давления	Разборка, очистка, проверка уплотнения клапана и мембраны, рычагов и штоков	1 раз в год
Газогорелочные устройства	Ремонт устья горелки, стабилизаторов горения, проверка чистоты газовыходных отверстий	1 раз в год

должны быть указаны: порядок пуска, остановки и обслуживания оборудования во время нормальной эксплуатации и при аварийных режимах; порядок допуска ремонтного персонала к ремонту оборудования; требования к технике безопасности, охране труда и противопожарные мероприятия.

Во время работы дежурный персонал обязан вести надежный и наиболее экономичный режим работы оборудования в соответствии с инструкциями, режимными картами и оперативными требованиями руководства котельной.

В целях надежной и безопасной работы газового оборудования котельной должны проводиться плановые профилактические осмотры и ремонты газового оборудования в сроки по утвержденным графикам (табл. 8.4).

Результаты планово-предупредительных осмотров и ремонтов газового оборудования фиксируются в специальном журнале или составляются акты и ППР газопроводов и ГРП (ГРУ) в их паспортах.

Профилактическое обслуживание систем автоматики выполняется представителями эксплуатационной или специализированной организаций, прошедшими специальную подготовку по устройству и эксплуатации автоматики.

Проверку КИП ведут в соответствии с ГОСТ 8.002—71.

§ 8.13. Эксплуатация газорегуляторных пунктов

Газорегуляторные пуикты служат для снижения давления газа и поддержания его на заданном уровне. Для этого они оборудуются соответствующими приборами и КИП. Помещения ГРП должны иметь естественную вентиляцию не менее трехкратного обмена воздуха, температуру не ниже +5 °С, быть легко доступными для осмотра и ремонта установленного в нем оборудования. Электропроводка и арматура для освещения на ГРП выполняются в соответствии с требованиями, предъявляемыми к помещениям класса В-1 согласно ПУЭ.

Для обеспечения нормальной эксплуатации ГРП (ГРУ) эксплуатационная организация составляет паспорт, содержащий основные характеристики оборудования, контрольно-измерительных приборов и помещения. В каждом ГРП (ГРУ) должны быть вывешены схемы их устройства с нумерацией всех отключающих устройств, а также инструкции по эксплуатации, технике безопасности и пожарной безопасности. В схемах и инструкциях указываются режимы настройки оборудования.

В целях обеспечения нормальной безопасной работы регуляторных пуиктов за ними устанавливается систематический надзор, который включает: проверку исправности регуляторных пунктов и устраиение неисправностей, выявленных при обходе или проверке ГРП, плановую проверку состояния и работы оборудования, профилактический ремонт оборудования, проверку исправности контрольно-измерительных приборов, приборов управления и телеизмерения, контроль за состоянием помещения ГРП.

На все работы должны быть составлены графики с указанием сроков их выполнения, утверждаемые главным инженером управления, треста, конторы (табл. 8.5).

Проверка оборудования и профилактическое обслуживание ГРП производится бригадой слесарей под руководством инженерно-технического работника. Целью проверки является выявление и устраиение неисправностей и точная настройка работы обору-

Таблица 8.5. Сроки планово-предупредительных и профилактических осмотров и ремонтов ГРП

Вид работы	Сроки выполнения, не менее
Обход всех ГРП слесарем вместе с мастером или инженером	1 раз в месяц
Анализ проб воздуха в помещении ГРП на загазованность и присутствие окиси углерода	2 раза в месяц
Плановая проверка всего оборудования	2 раза в год
Профилактический осмотр и ремонт оборудования	*1 раз в год*
Государственная поверка измерительных приборов	1 раз в год
Проверка настройки предохранительных сбросных (ПСК), запорных (ПЗК) клапанов, а также регуляторов давления	1 раз в 2 месяца
Проверка и прочистка дымоходов	1 раз в год

дования на заданный режим. При этом производится: осмотр и чистка фильтра, проверка хода и плотности закрытия задвижек и предохранительного клапана, проверка плотности всех соединений и арматуры при помощи мыльной эмульсии, смазка трущихся частей и перенабивка сальников, продувка импульсных трубок, проверка настройки и работы ПЗК и ПСК, определение плотности и чувствительности мембраны регулятора давления и пилота.

Профилактический ремонт заключается в разборке, проверке и смазке отдельных узлов оборудования. При разборке заменяются или ремонтируются износившиеся детали.

Для проверки запорно-предохранительных клапанов достаточно повысить выходное давление газа и посмотреть, при каком давлении клапан срабатывает. При низком выходном давлении клапан должен срабатывать при давлении газа на 0,0005 МПа выше рабочего давления. Если выходное давление газа среднее, то клапан должен срабатывать при давлении на 25 % выше рабочего. Гидравлический затвор и пружинный сбросной клапан настраивают на давление, которое на 0,0001—0,00015 МПа меньше давления в импульсной трубке запорного предохранительного клапана.

При эксплуатации ГРП необходимо следить за чистотой фильтров. Состояние газовых фильтров определяется путем замера перепада давления газа в нем. В ГРП среднего давления газа перепад давлений в газовых фильтрах не должен превышать 0,01 МПа, а в ГРП низкого давления — 0,005 МПа. Необходимо помнить, что очистка фильтров относится к разряду газоопасных работ.

Результаты ревизий оборудования ГРП (ГРУ), а также ремонтов, связанных с заменой деталей, узлов оборудования, заносятся в паспорт. Обо всех работах по планово-предупредитель-

ному ремонту и осмотру делаются записи в эксплуатационном журнале. В нем же указываются все нарушения нормальной эксплуатации оборудования ГРП и работы по их устранению.

§ 8.14. Присоединение к действующим газопроводам

Присоединение действующих газопроводов различных ответвлений к потребителям газа отиосится к разделу газоопасных работ. Газовая резка и сварка на действующих газопроводах при врезке и ремонте должны производиться при давлении газа в пределах 0,0004—0,0015 МПа. Наличие указанного давления должно проверяться в течение всего времени выполнения работ. При снижении давления ниже 0,0004 и повышении его выше 0,0015 МПа резку или сварку необходимо прекратить. Для контроля за давлением в месте производства работ устанавливается манометр. Работы должны выполняться в специальных противогазах.

Врезка в действующие газопроводы без снижения давления в них допускается только при условии применения специального приспособления, исключающего выход газа наружу. Врезка может быть выполнена различными способами.

Присоединение с помощью козырька (рис. 8.1) выполняется в следующей последовательности:

а) место присоединения очищается от изоляции;

б) намечается мелом и обрезается торец трубы *1* вместе со стальной заглушкой;

в) в патрубке *3* вырезается козырек *4*, размеры которого должны обеспечить удаление вырезаемого диска *2* (стенки трубы) из действующего газопровода, на козырьке делается фаска;

г) на поверхности газопровода *5* намечается мелом окружность диаметром, равным внутреннему диаметру присоединяемой трубы *6*. В центре этой окружности приваривается стержень *7* диаметром 5—8 мм, длиной до 200 мм для удаления вырезаемого куска трубы. Затем по окружности газовым резаком вырезается диск; оставляется только перемычка шириной 5 мм, чтобы удержать диск. Врезка производится сверху вниз. Загоревшийся при резке газ гасится по мере продвижения резака путем замазывания глиной. По мере высыхания место резки повторно промазывается разжиженной глиной. По окончании вырезки диска пламя го-

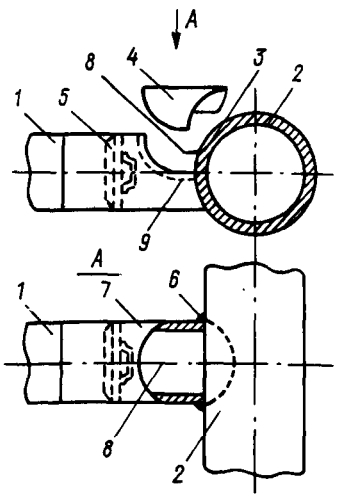


Рис. 8.1. Присоединение при помощи козырька

рящего газа должно быть погашено, а место вырезки охлаждено;

д) устанавливается, прихватывается и приваривается соединительный патрубок *9* без козырька к газопроводу и к присоединяемой трубе;

е) в соединительный патрубок через «окно», образованное вырезанным козырьком, вставляется деревянный диск *8* на глиняном уплотнении;

ж) козырек подгоняется к соединительиому патрубку и к газопроводу;

з) вынимается деревянный диск, кувалдой из цветного металла выбивается надрезанная стенка трубы и извлекается наружу при помощи стержня. После этого немедленно плотно накладывается козырек. Продувают газом присоединяемый газопровод. Приваривают козырек, предварительно очистив фаску, швы очищают от шлака и проверяют мыльной эмульсией на плотность при рабочем давлении.

После этих работ место присоединения очищают от загрязнений и покрывают изоляцией. Затем устанавливают контрольную трубку и траншею засыпают.

Соединение при помощи разрезной муфты (рис. 8.2) выполняют следующим образом. Очищают трубу в местах соединений от изоляции. Заготавливают муфту *2* из двух половин трубы с внутренним диаметром иа 15—25 мм больше наружного диаметра соединяемых труб. Мелом намечают линии на концах труб на расстоянии 10—15 мм от заглушек (для обрезки концов трубы вместе с заглушками). К концам присоединияемых труб *1* приваривают упорные кольца *6*. На одном из концов соединяемых труб складывают две половинки муфты *3* и сваривают их вместе. Затем намеченные концы труб вместе с заглушками *4* отделяют и немедленно надвигают муфту на другую трубу. При этом оба конца труб *1* должны быть перекрыты муфтой не менее чем на 100 мм. Зазоры между трубами и муфтами конопатят асбестовым шнуром *5* до прекращения выхода газа. После продувки труб газом концы муфты нагревают газовой горелкой и осаживают ударами молотка до плотного прилегания их к трубам *7*, а затем концы труб сваривают.

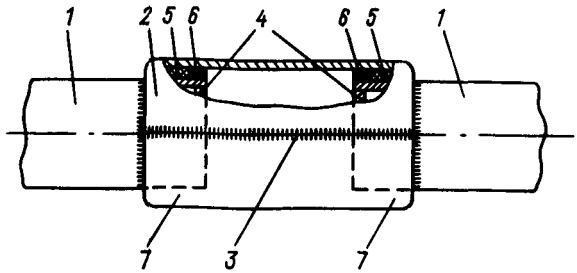


Рис. 8.2. Соединение при помощи разрезиой муфты

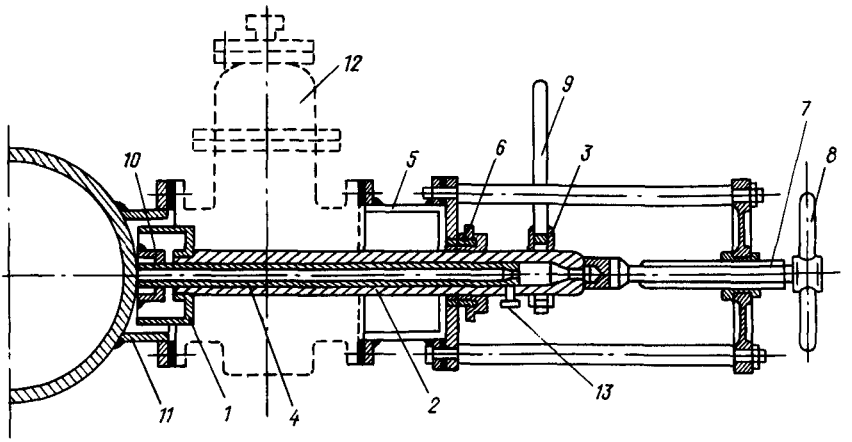


Рис. 8.3. Приспособление для присоединения к газопроводам через задвижку без снижения давления газа

Присоединение к газопроводам среднего и высокого давлений без снижения давления газа (рис. 8.3) производится с помощью специального приспособления с применением задвижки или крана *12*. К стенке газопровода в месте присоединения приваривают муфту *10* и патрубок *11* с фланцем диаметром, равным присоединяемой трубе. Оси муфты и патрубка должны совпадать. К патрубку присоединяют задвижку *12*, которую затем открывают и в муфту ввертывают штангу *4*. На штангу надевают полый шпиндель *2* с чашечной фрезой *1* на конце и камерой с сальником *6*. Камера *5* имеет фланец, которым она крепится к задвижке. Путем вращения рукояток *8* и *9* полой штанги *4* фрезой высверливают отверстие, используя храповый механизм *3* со стопорным болтом *13* и нажимной винт *7*. Вырезанную стенку трубы с помощью штанги поднимают в камеру, а задвижку закрывают. Приспособление снимают, и к задвижке присоединяют трубу газопровода. При малом диаметре присоединяемого газопровода вместо задвижки применяют кран, а вместо чашечной фрезы — сверло.

§ 8.15. Учет расхода газа

Учет расхода газа коммунальными промышленными предприятиями производится с помощью объемных счетчиков или расходомерами с нормальными диафрагмами.

Измерение расхода газа в промышленных газопотребляющих установках необходимо для расчетов с газоснабжающей организацией, а также для внутреннего контроля, определения удельных расходов газа и отчетности.

В большинстве случаев пункты замера расхода газа целесообразно размещать совместно с ГРП или ГРУ на выходной линии,

Таблица 8.6. Характеристика объемных ротационных счетчиков типа РГ

Наименование показателей	РГ-40	РГ-100	РГ-250	РГ-400	РГ-600	РГ-1000
Расход, м³/ч:						
номинальный	40	100	250	400	600	1000
максимальный (не более 6 ч в сутки)	48	120	300	480	720	1200
минимальный	4	10	26	40	60	100
Порог чувствительности, м³/ч	0,60	1,50	3,75	6,00	9,00	15,00
Масса, кг	9	28	75	90	142	225

поскольку в ней газ находится в очищенном состоянии и под постоянным давлением. При размещении пунктов замера расхода газа в отдельных павильонах или в пристройках к зданиям на них распространяются те же правила эксплуатации, что и к ГРП.

В табл. 8.6 приведены основные характеристики ротационных счетчиков типа РГ, выпускаемых промышленностью.

Ротационные счетчики учитывают объемное количество прошедшего газа в рабочем состоянии (температура и давление) за определенный промежуток времени.

Для приведения этого объема к стандартным условиям (P = = 0,1 МПа и t = 20 °С) необходимо учитывать изменения температуры и абсолютного давления газа, применяя формулу

$$V = V_{пр} K_t K_P, \tag{8.5}$$

где V — приведенный расход газа, м³; $V_{пр}$ — объем газа, показанный счетчиком, м³; K_t — поправочный коэффициент на температуру: $K_t = 293/(273 + t_{ср})$; K_P — поправочный коэффициент на давление: $K_P = (P_б + P_{ср})/760$; $t_{ср}$ — среднемесячная температура газа перед счетчиком, °С; $P_б$ — средняя величина барометрического давления; $P_{ср}$ — средняя величина давления газа перед счетчиком, мм рт. ст.

При эксплуатации ротационных счетчиков необходимо производить осмотры, ревизии, промывки и смену масла в следующие сроки:

смена масла — 1 раз в 3 месяца;

промывка счетчика — после остановки более 1 месяца;

проверка перепада давления — 1 раз в месяц;

государственная поверка счетчика — 1 раз в 2 года.

Расходомеры работают по принципу переменного перепада давления. Измерение осуществляется с помощью устанавливаемой на газопроводе диафрагмы, создающей местное сужение потока. Средняя скорость потока в суженном сечении диафрагмы повышается, благодаря чему статическое давление в данном сечении становится меньше статического давления перед диафрагмой. Перепад давления возрастает с увеличением расхода газа и определя-

ется с помощью регистрирующих дифманометров. Он служит мерой расхода.

При расчете диафрагмы расходомеров и выборе вторичных приборов (дифманометров) принимают определенные значения температуры, избыточного давления в газопроводе и плотности газа. Расход газа будет соответствовать указанному значению на шкале или на диаграмме вторичного прибора только при соблюдении расчетных параметров газа. При отклонении указанных величин от расчетных к показаниям вторичного прибора должны быть введены поправки. При этом следует обращать внимание на градуировку шкалы прибора. Если шкала градуирована для стандартных условий, то расход газа подсчитывается по показаниям прибора $V_{пр}$ с учетом поправочных коэффициентов на температуру K_t, давление K_P и плотность газа K_ρ:

$$V = V_{пр}K_tK_PK_\rho = V_{пр}\sqrt{\frac{273+t_{ср}}{273+t_р}}\sqrt{\frac{P_р+P_б}{P_р+P_{р.б}}}\sqrt{\frac{\rho_р}{\rho_р}}, \quad (8.6)$$

где $t_р$ и $t_р$ — расчетная (20 °С) и действительная температура газа, °С; $P_р$ и $P_р$ — расчетное и действительное избыточное давление газа, МПа; $\rho_р$ и $\rho_р$ — расчетная и действительная плотность газа при стандартных условиях, кг/м³; $P_{р.б}$ и $P_р$ — расчетное и действительное барометрическое давление, МПа (определяют непосредственными измерениями по барометру или принимают по данным метеослужбы); если шкала прибора выполнена для нормальных условий (0 °С и 0,1 МПа), то поправки вводят аналогично формуле (8.5).

Диаграммы расходомеров обрабатывают ежесуточно с введением поправочных коэффициентов. При отсутствии регистрирующих термометров и манометров запись температуры и давления газа должна производиться ежечасно.

Подсчет расхода газа по диаграмме и введение поправочных коэффициентов выполняет инженерно-технический работник. Подсчет должен быть подписан исполнителем.

Диаграммы и все материалы, использованные при расчетах, а также сам расчет хранятся для предъявления представителю газоснабжающей организации.

Проверяют данные расчета не реже 1 раза в месяц, при этом контролируют и нулевое положение указателя расхода. Во время проверки выявляют герметичность прибора, точность показаний и положение нуля дифференциального манометра, точность хода часового механизма, правильность установки самопишущего термометра и манометра. Результаты проверки оформляют актом.

При равномерных поставках газа потребители рассчитываются с газоснабжающими организациями в порядке плановых платежей в соответствии с «Инструкцией о безналичных расчетах и кредитовании по операциям, связанным с расчетами Государственного банка СССР» № 2 от 10.07.70.

Периодичность оплаты за газ, а также исходные данные для определения оплачиваемого объема газа предусматриваются договором между потребителем газа и газоснабжающей организацией. При неисправности или отсутствии счетчиков количество израсходованного газа определяют по суммарному расчетному расходу газа на горелки, за исключением горелок, установленных на отключенных и опломбированных газовых агрегатах. Оптовые цены на газовое топливо определены Прейскурантом № 04-03 Государственного комитета цен СМ СССР для различных видов газа и групп потребителей в зависимости от назначения газопотребляющих установок и их ведомственной принадлежности. Цены определены для газа с низшей теплотой сгорания 34,440 ± ±0,42 МДж/м³. При наличии у потребителей калориметра для определения фактической теплоты сгорания цену Ц, указанную в прейскуранте, пересчитывают по формуле

$$Ц_ф = Ц_п Q_{н.ф}. \qquad (8.7)$$

Расход газа бытовыми потребителями определяется без измерительных приборов в зависимости от типа и количества установленных газовых приборов, количества людей, пользующихся этими приборами, и других показателей.

Для г. Ленинграда и Ленинградской области утверждены тарифы оплаты за газ из расчета на одного проживающего (коп.) в месяц:

бытовые плиты для приготовления пищи в домах с центральным горячим водоснабжением — 30;

бытовые плиты для приготовления пищи в домах без центрального горячего водоснабжения — 40;

бытовые плиты для приготовления пищи и водонагреватели для горячего водоснабжения — 60.

Глава V. ЭКСПЛУАТАЦИЯ УСТАНОВОК СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ

§ 8.16. Ввод в эксплуатацию установок

Проектирование газораздаточных и газонаполнительных станций групповых и индивидуальных установок сжиженного газа со всеми технологическими подсобными сооружениями, оборудованием, обеспечивающим нормальные санитарные условия работы, техническую и пожарную безопасность, ведется в соответствии с требованиями «Правил безопасности в газовом хозяйстве» и «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

Разработанные проекты согласовываются со службой горгаза. Работы по строительству и монтажу установок сжиженного газа выполняются ИТР и рабочими, прошедшими подготовку по газо-

вому делу и сдавшими экзамен. Приемка в эксплуатацию этих установок производится комиссией при участии представителя местных органов Госгортехнадзора СССР.

Резервуары и испарители газораздаточных станций общего назначения и станций сжиженных газов на промышленных предприятиях, а также групповые установки совместно с их обвязкой испытываются на плотность воздухом на расчетное рабочее давление при закрытой на обвязке арматуре с проверкой всех соединений мыльной эмульсией.

Газопроводы газораздаточных станций общего назначения испытываются на прочность и плотность. Испытание на прочность производится давлением, равным 1,25 максимального рабочего давления, в течение 1 ч. После этого давление снижают до рабочего и производят осмотр газопроводов и арматуры с омыливанием всех соединений. До ввода станций в эксплуатацию составляются производственные инструкции и схемы. На оборудовании и арматуре должны быть проставлены порядковые номера, соответствующие технологической схеме.

Для предупреждения образования взрывоопасной газовоздушной смеси резервуары и трубопроводы перед их заполнением должны продуваться инертным газом (азотом или углекислотой) или парами сжиженного газа. Продувка считается законченной при содержании кислорода в смеси не более 1 % по объему.

Для обеспечения бесперебойной, надежной и безопасной работы всех сооружений и узлов установок сжиженного газа должны выполняться следующие работы.

На газораздаточных станциях должна вестись подробная регистрация: приема газа от поставщиков и наполнения емкостей станций; отпуска газа потребителям (заполненных автоцистерн и заполненных баллонов); учета поступающих от потребителей опорожненных баллонов с указанием массы неиспарившихся остатков; работы компрессоров и насосов; проверки КИП и предохранительных клапанов; испытания и ремонта баллонов. Обязательно также ведение журнала испытаний шлангов (сливных и наполнительных).

При обслуживании газораздаточных и наполнительных станций ежедневно выполняются следующие работы: осмотр всех газопроводов, емкостей и арматуры в целях выявления и устранения неисправностей; проверка манометров путем кратковременного выключения каждого (при этом стрелка манометра должна стоять на нуле). Не разрешается пользоваться манометрами при отсутствии на них пломбы или клейма, если просрочен срок проверки, стрелка не возвращается к нулю при выключении манометра, разбито стекло. Результаты проверки манометров следует регулярно заносить в сменный журнал.

В плановом порядке по графику выполняются следующие работы:

проверка манометров силами станции с применением контрольных манометров — 1 раз в 6 месяцев и госповерителем — 1 раз в 12 месяцев;

проверка исправности предохранительных клапанов — не реже 1 раза в месяц;

ревизия предохранительных клапанов, установленных на резервуарах сжиженного газа, — не реже 1 раза в 4 месяца, на испарителях и трубопроводах — не реже 1 раза в 6 месяцев, на групповых установках — не реже 1 раза в год.

Одновременно с ревизией производится настройка предохранительных клапанов на давление срабатывания, превышающее на 15 % рабочее давление. При снятии предохранительного клапана для ревизии или ремонта на его место устанавливают исправный. Постановка заглушки запрещается. Резьбовые и фланцевые соединения аппаратов, трубопроводов и арматуры ежемесячно проверяются на плотность с помощью мыльной эмульсии.

§ 8.17. Профилактическое обслуживание

Профилактическое обслуживание баллонных и резервуарных установок производится конторой или трестом «Горгаз». Это одно из важнейших мероприятий, обеспечивающих безопасную эксплуатацию оборудования баллонных и резервуарных установок, поэтому на все виды работ по обслуживанию установок сжиженного газа должны быть составлены графики, а непосредственное выполиение работ поручено специально подготовленному обслуживающему персоналу.

В объем профилактического обслуживания установок входят проверка состояния газового оборудования, уровня и давления в нем сжиженного газа, а также освидетельствование оборудования.

Обслуживающий персонал (слесари), за которым закреплены индивидуальные и групповые баллонные установки, а также резервуарные установки, обязаны по графикам проверять состояние оборудования и выполнять следующие основные работы:

выявлять и устранять утечку газа в арматуре головки резервуара и в местах присоединения баллонов к рампе;

контролировать по жидкостному манометру давление газа в дворовых сетях или перед приборами;

проверять настройку регулятора давления и исправность предохранительных клапанов;

контролировать уровень жидкости в резервуарах и принимать меры к их заполнению;

проверять иаличие и комплектность пожарного инвентаря;

контролировать окраску кожухов и ограждений, шкафов для баллонов, наличие замков на дверках;

проверять мыльной эмульсией (под давлением) плотность соединений на обвязке резервуаров и баллонов, устранять обнаруженные неисправности;

контролнровать надежность установки шкафов баллонных установок и исправлять замеченные недостатки;

заменять изношенные части газового оборудования;

обслуживать подземные газопроводы от групповых установок сжиженного газа.

Такие работы, как проверка плотности, устранение утечек газа и контроль за величиной давления газа, производятся 3 раза в месяц. При накоплении в резервуарах групповых установок тяжелых остатков их надо удалять.

Особое внимание необходимо уделять работе регуляторов давления в зимнее время. Серьезным нарушением является замерзание регулятора давления при наличии влажного газа. Для предупреждения замерзания регуляторов необходимо воспрепятствовать попаданию влаги в резервуары. Если же регуляторы замерзнут, то в них необходимо ввести метиловый спирт из расчета 1,3 л на 1000 л емкости резервуара. При замерзании регуляторов можно также отогреть их горячим полотенцем.

Слив газа в резервуары и замена баллонов на групповых установках должны производиться, как правило, в дневное время. При сливе газа нельзя допускать переполнения резервуаров сверх установленного уровня (85 % от геометрической емкости резервуаров). При сливе сжиженных газов из автоцистерн запрещается работа двигателя автомашин, курение, а также наличие вблизи установки открытого огня.

§ 8.18. Освидетельствование оборудования

Резервуары групповых установок сжиженных газов, подлежащие регистрации в Госгортехнадзоре, должны подвергаться периодическим техническим освидетельствованиям — внутреннему осмотру и гидравлическому испытанию с освобождением от грунта не реже чем через 10 лет. Перед внутренним осмотром необходимо: опорожнить резервуар, снизить давление газа в нем до атмосферного, затем отсоединить резервуар от трубопроводов жидкой и газовой фаз путем установки заглушек, заполнить резервуар водой при открытом верхнем люке или продуть паром или инертным газом, произвести анализ воздуха в резервуаре. До проведения освидетельствования надо проверить толщину стенки резервуаров. О результатах проверки необходимо сообщить инженеру-инспектору Госгортехнадзора СССР.

Осмотр резервуаров в рабочем состоянии производится не режа 1 раза в квартал. Результаты осмотра записываются в паспорт. При внутреннем осмотре резервуара следует обращать внимание на следующие возможные дефекты: надрывы, трещины, выпучины, отдулины, коррозию стенок.

После виутреннего осмотра резервуара производится гидравлическое его испытание давлением, составляющим 1,25 от рабочего, но не менее 0,3 МПа, в течение 5 мин. Затем давление снижается до рабочего. Резервуар осматривается, сварные швы обстукиваются молотком массой 0,5—1,5 кг.

Резервуар считается выдержавшим испытание в том случае, если в нем не обнаружено разрыва, течи и остаточных деформаций после испытаний. При отпотевании в стенках или швах резервуары считаются не выдержавшими испытания. Результаты испытания заносятся в паспорт.

Внеочередному освидетельствованию подвергаются резервуары в следующих случаях:

после реконструкции или ремонта, связанного с установкой заплат, выправкой выпучин и сваркой отдельных частей резервуара;

если резервуар перед пуском в эксплуатацию находился в бездействии более 3 лет;

если резервуар был демонтирован и установлен на новое место.

Обследование групповых установок включает следующие работы:

выявление и устранение утечек газа в арматуре головки емкости;

контроль за давлением газа в дворовых сетях;

проверку исправности предохранительных клапанов;

контроль за состоянием и окраской кожухов и ограждением групповых установок;

проверку наличия и комплектности противопожарного инвентаря.

§ 8.19. Эксплуатация газобаллонных установок

Сосуды для перевозки и хранения сжиженных углеводородных газов емкостью до 120 л называют баллонами. ГОСТ 15860—84 предусматривает выпуск баллонов с герметическими объемами 2,5; 5; 12; 27; 50; 80 л. В горловины баллонов емкостью 2,5; 5; 12; 27 л устанавливают самозакрывающиеся клапаны типа КБ-1, на каждый из которых крепится регулятор давления «Балтика-1», а на горловины баллонов емкостью 50 и 80 л — угловые вентили ВБ-1 с регуляторами давления типа РДГ-6, а при групповой баллонной установке — типа РДК. Выходной штуцер имеет левую резьбу.

На баллонах около горловины должны быть выбиты данные их паспорта: марка и клеймо ОТК завода-изготовителя, тип и номер баллона; масса его с точностью до 0,2 кг; даты изготовления, испытания и очередного освидетельствования; рабочее и пробное гидравлическое давление, МПа; фактическая емкость баллона с точностью до 0,2 л.

Баллоны окрашивают в красный цвет масляными, эмалевыми красками или нитрокрасками. Места, где выбиты паспортные данные, покрываются бесцветным лаком и обводятся рамкой. Поперек баллона белой краской делается надпись «Пропан-бутан».

Наполнение баллонов

При работе с баллонами необходимо соблюдать осторожность и выполнять целый ряд рекомендаций, изложенных в рабочих инструкциях. При наполнении баллонов сжиженными газами необходимо соблюдать нормы заполнения: технический пропан — 0,425 кг на 1 л объема; технический бутан — 0,438 кг на 1 л объема. Объем жидкой фазы не должен превышать 85 % геометрического объема баллона. Поступающие на наполнение баллоны должны иметь остаточное давление (кроме новых). Перед наполнением сжиженным газом баллон необходимо установить на весы, при помощи струбцины надежно закрепить шланг к штуцеру, взвесить баллон. Затем установить движок на рейке весов на цифре, указывающей массу баллона при максимально допустимом наполнении его сжиженным газом. После этого открыть вентиль на баллоне и вентиль на рампе. После заполнения емкости газом необходимо закрыть вентиль на рампе и баллоне, снять последний с весов, заглушить штуцер вентиля баллона заглушкой, открыть вентиль и проверить заглушку на герметичность путем обмыливания мест возможных утечек газа. После проверки герметичности баллона надо закрыть вентиль, прикрепить контрольный талон и зарегистрировать баллон в журнале, указав при этом номер баллона, дату наполнения и последнего освидетельствования, емкость и количество залитого газа.

Запрещается выпускать из наполнительного цеха баллоны с газом без предохранительных колпаков и заглушек, а также без контрольного взвешивания.

Нельзя заполнять сжиженным газом баллоны, у которых нет установленного клейма, неисправен вентиль, истек срок периодического освидетельствования (должно производиться не реже 1 раза в 5 лет); поврежден корпус (имеется трещина или вмятина, сильно корродирован и др.); отсутствует необходимая окраска и нет надписи; повреждены или слабо насажены башмаки.

Перевозка баллонов

Перевозка баллонов со сжиженным газом производится различными сухопутными рессорными видами транспорта. Транспортируются баллоны как в горизонтальном, так и в вертикальном положении (бортовые машины) с обязательной постановкой деревянных, веревочных, резиновых прокладок (колец) между ними.

При эксплуатации баллонов с сжиженным газом при газоснабжении жилых домов и других объектов необходимо помнить о следующих требованиях:

надо оберегать баллоны от прямого обогрева;

подвальные и цокольные помещения газифицировать нельзя;

баллоны следует устанавливать не ближе чем на 1 м от газовой плиты или другого газового прибора, радиатора отопления; печи; помещение, где устанавливаются баллоны, не должно иметь подвала.

Пуск газа в приборы баллонных установок

Групповая газобаллонная установка может быть пущена в эксплуатацию только после приемки ее комиссией, в состав которой входят: представитель заказчика (председатель), подрядчика, домоуправления, а иногда Госгортехнадзора.

После осмотра и устранения замечаний приступают к испытанию газобаллонной установки. Групповые газобаллонные установки испытываются воздухом под давлением 0,005 МПа с подключением газовых приборов. Установка считается принятой на плотность, если падение давления в ней за 5 мин не превышает 0,0002 МПа. По окончании испытания составляется акт на приемку газобаллонной установки в эксплуатацию. Пуск газа в приборы должен производиться только в дневное время. При этом ответственный за пуск должен иметь наряд на производство газоопасных работ.

Перед пуском газа в приборы необходимо:

осмотреть в квартирах и за их пределами всю газовую систему баллонной установки;

обратить внимание на правильность и надежность установки шкафов для баллонов, наличие замка, окраски и пломбы на регуляторе давления;

произвести контрольную опрессовку внутридомового газопровода давлением 0,004 МПа (в течение 5 мин падение давления не должно превышать 0,0002 МПа);

по окончании опрессовки спустить воздух из системы и закрыть все краны на газопроводе и на приборах;

продуть систему газом по специальному шлангу за пределы здания (помещения).

Перед пуском следует провести инструктаж населения, пользующегося газом от баллонных установок. По окончании инструктажа под расписку надо выдать инструкцию (памятку) о правилах пользования газовыми приборами и баллонами с указанием в ней адреса и телефона конторы (участка) управления горгаза и его аварийной службы.

§ 8.20. Мероприятия по технике безопасности в системах газоснабжения

Условия, в которых работает персонал, занятый эксплуатацией и ремонтом газовых сетей и газового оборудования, отличны от условий выполнения работ на установках, использующих твердое или жидкое топливо. Горючие газы в смеси с воздухом

при определенных концентрациях и температуре взрываются. Некоторые горючие газы токсичны (окись углерода, сероводород и др.), поэтому персонал, производящий ремонт, должен освоить приемы и методы ведения работ на газопроводах и оборудовании, находящихся под давлением газа, а при ликвидации утечек горючего газа — пользоваться средствами личной защиты. При производстве соответствующих работ, в особенности газоопасных, надо строго выполнять производственные инструкции.

Газоопасными считаются те работы, которые производятся в загазованной среде или при которых возможен выход горючего газа из газопроводов, сосудов и агрегатов, в результате чего может произойти отравление людей, взрыв или воспламенение газа.

К газоопасным работам относятся:

присоединение вновь построенных газопроводов к действующим без отключения их от газовой сети («врезка под газом»);

ввод в эксплуатацию газопроводов, ГРП (ГРУ) и газовых сетей агрегатов и приборов промышленных коммуникаций и бытовых потребителей («пуск газа»);

ремонт действующих газопроводов;

ревизия и ремонт действующих газопроводов в колодцах, тоннелях и т. п. без отключения их от газа;

прочистка газопроводов ершами, отогрев паром, заливка растворителей для удаления гидратных образований, установка и снятие заглушек на газопроводах, находящихся под газом;

ремонт оборудования газорегуляторных пунктов;

демонтаж газопроводов, отключенных от действующих газовых сетей;

заполнение сжиженным газом резервуаров, баллонов на газораздаточных станциях, складах и групповых установках, а также их ревизия и ремонт;

слив неиспаряющихся остатков сжиженного газа из емкостей и баллонов;

отсоединение от газовой сети механизмов и отдельных узлов с установкой заглушек;

профилактическое обслуживание как действующих газовых приборов, так и внутреннего газооборудования.

На отдельный вид газоопасных работ составляется инструкция и схема организации работ. К работе допускаются только лица, сдавшие экзамен по техминимуму и имеющие опыт работы «под газом», и только после получения наряда.

Лицо, назначенное ответственным за проведение газоопасных работ, инструктирует рабочих и знакомит их с последовательностью операций.

Численность (состав) бригады для проведения газоопасных работ определяется в зависимости от объема работ, но должна быть не менее 2—3 человек. Один из них назначается старшим.

При выполнении работ в закрытых помещениях (в подвале, ГРП, тоннеле, колодце и др.) необходимо сначала тщатель-

но проветрить его и взять пробу воздуха на анализ. Отсутствие в воздухе примеси газа служит основанием для начала работ.

Если невозможно создать условия, исключающие возможность выделения газа у рабочего места, то работы производятся в шланговых или изолирующих противогазах. При работах в колодце или траншее рабочий должен быть снабжен предохранительным поясом с веревкой, один конец которой находится на поверхности земли у того, кто наблюдает за работой. Противогазы, предохранительные пояса, поясные карабины и веревки должны испытываться (проверяться) не реже 2 раз в год специально назначенным для этой цели инженерно-техническим работником. Результаты испытаний оформляются актом.

К производству сварочных работ на газопроводах, находящихся под давлением горючего газа и без газа, допускаются сварщики, закончившие специальные курсы техминимума и имеющие удостоверение о сдаче экзаменов в соответствии с «Правилами испытания электросварщиков и газосварщиков» Госгортехнадзора СССР, а также обученные и сдавшие экзамены по «Правилам производства газоопасных работ». К выполнению работ по газовой резке при присоединении к действующим газопроводам допускаются электросварщики 4—6 разрядов, имеющие *минимум* технических знаний по газовому делу, сдавшие экзамен по технике безопасности, правилам производства газоопасных работ и имеющие удостоверение на допуск к работам на газопроводах.

Сварочные работы при любых способах присоединения к действующим газопроводам выполняются в соответствии с производственными инструкциями. Во время ремонтных работ в помещении ГРП за рабочим должен быть организован непрерывный надзор с улицы. Для этой цели из бригады ремонтных рабочих назначают дежурного, который обязан неотлучно находиться у входа в помещение ГРП, держать связь с работниками в помещении, не допускать разведения открытого огня, быть готовым оказать помощь. При работе на ГРП в противогазах надо следить, чтобы шланги не имели переломов, а открытые концы их располагались снаружи здания с наветренной стороны. Все газоэлектросварочные работы и другие газоопасные работы, проводимые в ГРП, должны выполняться по инструкции в соответствии с планом и правилами ведения указанных работ.

При ремонтных работах необходимо пользоваться инструментом, применение которого исключает возможность образования искры. При технической необходимости выполнения работ по подтягиванию болтов фланцев или резьбовых соединений газопроводов среднего и высокого давлений в ГРП давление газа в газопроводе должно быть предварительно снижено до 0,001 МПа. Работы по ремонту электрооборудования и смена перегоревших электроламп должна производиться при обесточенном электрооборудовании.

В случае, если анализом устанавливается присутствие горючего газа, следует немедленно принять меры к активному проветриванию помещения. В этих случаях допускается вход в помещение ГРП только в исправных противогазах. Установленное на газопроводах оборудование (арматура, фильтры, счетчики) перед вскрытием должно отключаться задвижками (кранами). Если задвижки не обеспечивают плотности закрытия, то за ними устанавливаются заглушки с хвостиками.

Корпус фильтра после выемки фильтрующей кассеты должен быть тщательно очищен. Разборку и очистку кассет надо производить вне помещения ГРП.

Средства личной защиты

При работах в загазованных помещениях рабочие должны пользоваться средствами защиты. Одно из широко используемых средств защиты — шланговые противогазы (ПШ). Противогаз ПШ-1 предусмотрен для работы в загазованной атмосфере, радиус действия противогаза не более 15 м. Противогаз ПШ-1 может использоваться при всевозможных ремонтных работах в траншеях и колодцах глубиной до 3 м.

При отсутствии чистого воздуха в радиусе действия противогаза ПШ-1 применяются противогазы ПШ-2, которые позволяют производить работы на расстоянии 30—40 м от места забора чистого воздуха. В противогазе ПШ-2 чистый воздух подается под маску воздуходувкой, входящей в комплект противогаза, работа которой может производиться вручную или механически.

Противогазы проверяют на герметичность перед выполнением каждой газоопасной работы. При надетом противогазе конец гофрированной трубки крепко зажимают рукой. Если при таком положении дышать невозможно, противогаз исправен; если дышать можно, то это значит, что через маску или шланг проходит воздух и противогаз к употреблению непригоден.

В газовом хозяйстве применяются также кислородно-изолирующие противогазы КИП. В них использованный воздух выдыхается через клапан в регенеративный патрон; здесь он очищается от углекислоты и влаги при помощи поглотителей и затем поступает в дыхательный мешок, где к нему добавляется кислород из баллона. КИП удобен для работы в любых загазованных помещениях, радиус его действия не ограничен длиной шланга. Однако из-за сложности устройства, значительной массы и необходимости зарядки баллона кислородом они применяются реже. Пользование КИП разрешается только лицам, прошедшим специальную подготовку и медицинское освидетельствование.

При работах в траншее или колодцах используются специальные спасательные пояса с наплечными ремнями и кольцом (должно располагаться не ниже лопаток) для карабинов, укрепленные на их пересечении со стороны спины для крепления веревки.

Спасательные пояса, поясные карабины и спасательные веревки должны испытываться не реже двух раз в год специально назначенным для этой цели инженерно-техническим работником. Результаты испытания оформляются актом. Степень пригодности спасательного пояса, карабина и спасательной веревки перед началом работы и после каждого применения должна определяться наружным осмотром работником, который пользуется ими.

Первая помощь пострадавшим при отравлении газом

Признаком легких и средних отравлений газом является головная боль, головокружение, тошнота, рвота, резкая слабость в руках и ногах, учащенное сердцебиение. При тяжелых отравлениях отмечается затемненное сознание, возбужденное состояние, иногда потеря сознания. Во всех случаях тяжелого отравления необходимо немедленно вызвать скорую медицинскую помощь. При легком и среднем отравлении пострадавшего надо отправить с сопровождающим в ближайшее лечебное учреждение для оказания медицинской помощи.

При отравлениях газом до прибытия врача или до отправки пострадавшего в больницу необходимо:

быстро вывести или вынести пострадавшего из помещения или траншеи, где произошло отравление, на свежий воздух, уложить и накрыть чем-нибудь теплым;

устранить все, что стесняет дыхание (расстегнуть ворот, снять пояс и т. д.);

следить за тем, чтобы пострадавший не уснул (поднимать пострадавшего запрещается);

при остановке дыхания пострадавшему немедленно сделать искусственное дыхание на свежем воздухе или в проветриваемом помещении;

очищать рот марлей от рвотных масс и слизи;

давать нюхать нашатырный спирт с интервалами 1—2 мин;

когда к пострадавшему возвратится дыхание, больного надо оставить в лежачем положении, обеспечив полный покой и тепло; пострадавшему дают крепкий чай, кофе и прикладывают грелки к конечностям;

при возбужденном состоянии принимают меры к предупреждению ушибов.

Глава VI. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ ГАЗОВОГО ХОЗЯЙСТВА

§ 8.21. Структура управления горгаза

Эксплуатация газового хозяйства городов и населенных пунктов осуществляется специальными организациями, которые создаются при исполкомах городских Советов народных депутатов.

Структура их зависит от величины города и объема газоснабжения.

Руководство управлением газового хозяйства осуществляется начальником управления и его двумя заместителями: главным инженером управления и заместителем по материально-техническому снабжению, хозяйственным и бытовым вопросам.

Объем работ и структура эксплуатационных организаций определяется также реализацией газа, протяженностью распределительных газопроводов, количеством газифицированных квартир, коммунально-бытовых и промышленных предприятий и т. д.

Сложный комплекс системы газоснабжения крупного города эксплуатируется многочисленным коллективом управления горгаза. На рис. 8.4 приведена структурная схема управления газовым хозяйством Ленгорисполкома (Ленгаз). Рабочий аппарат управления представлен 12 отделами.

Производственно-технический отдел (ПТО) осуществляет техническое планирование нового строительства систем газоснабжения Ленинграда и пригородов, обеспечивает проектно-сметной документацией все стадии проектирования, контролирует работу по стандартизации и нормализации выпуска продукции, принимает участие в разработке технических норм расхода материалов. ПТО осуществляет руководство по рационализации и изобретательству, по внедрению новой техники и технической информации, производит прием в эксплуатацию всех объектов газоснабжения, рассматривает и согласовывает проекты газификации жилых домов, учреждений, коммунально-бытовых и промышленных предприятий, обеспечивает прием и хранение технической документации, координирует планы работ по строительству системы газоснабжения города с планами других ведомств.

Отдел эксплуатации обеспечивает контроль за работой уличных газопроводов (и всех сооружений на них), газорегуляторных пунктов, домовых газовых сетей и газовых приборов, за обслуживанием газифицированных коммунально-бытовых и промышленных предприятий. Отдел координирует вопросы эксплуатации газового хозяйства отдельными хозяйствами управления «Ленгаз». Составляет ежегодно планы по капитальному ремонту уличных газовых сетей, домовых систем с обеспечением этих работ технической документацией и ведением контроля за выполнением плана капитального ремонта, согласовывает заявки эксплуатационных контор на материалы и оборудование. Осуществляет контроль за своевременным обнаружением утечек газа и их ликвидацией, составляет сводные технические и производственные инструкции, ведет расследование жалоб потребителей газа и представляет выводы о результатах проверки.

Отдел режимов работает круглосуточно с посменным дежурством диспетчеров. По согласованию с отделом эксплуатации отдел режимов через дежурный персонал хозяйств устанавливает и регулирует газовые режимы в городских сетях высокого, сред-

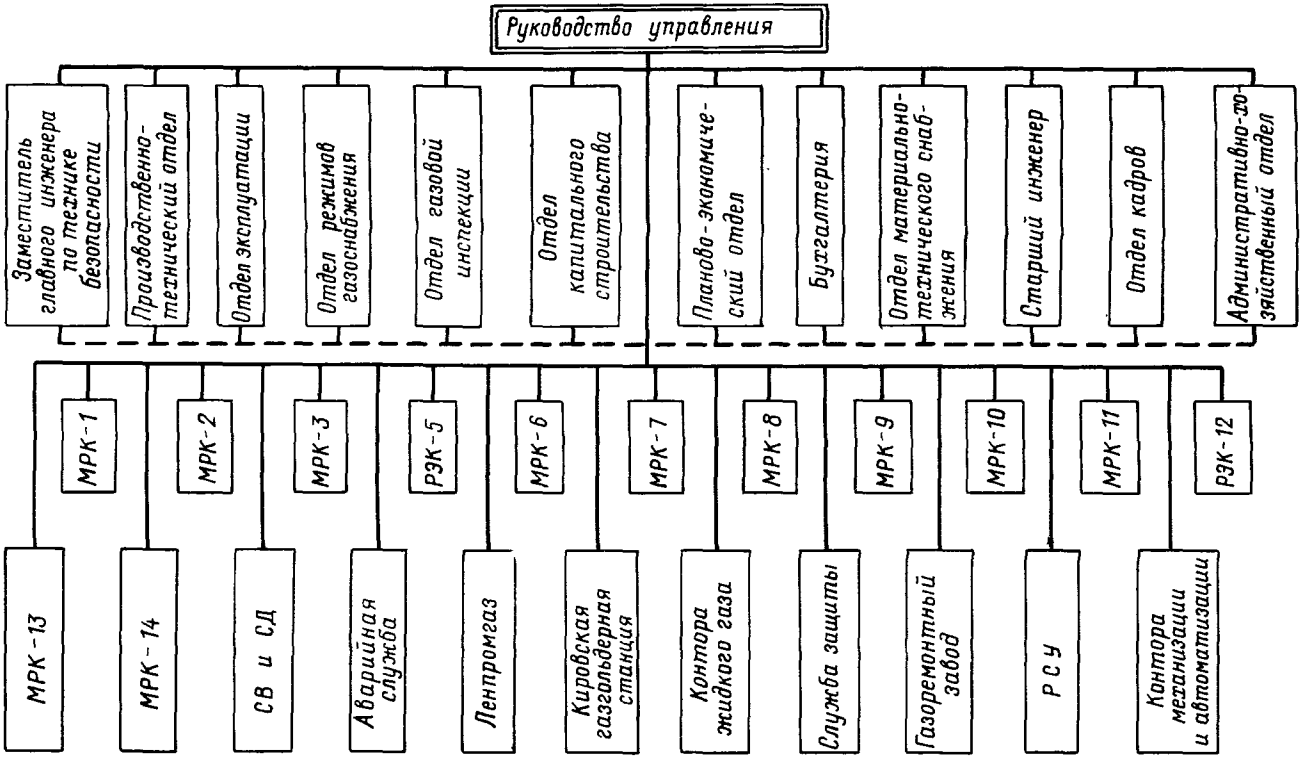


Рис. 8.4. Структурная схема управления Ленгаз

него и низкого давлений, обеспечивает нормальное газоснабжение города, регулирует суточный и сезонный отпуск газа промышленным предприятиям в зависимости от установленного им лимита и фактической поставки газа городу, обеспечивая в первую очередь нормальное газоснабжение населения и коммунально-бытовых предприятий города.

Режимный отдел оперативно контролирует выполнение плана поставки газа и соблюдение кондиций газа в соответствии с ГОСТом, обеспечивает снижение давления газа в микрорайонах для ремонтно-строительных и аварийных работ на газопроводах по заявкам эксплуатационных контор. Отдел принимает решения по локализации и ликвидации аварий в городском газовом хозяйстве.

Газовая инспекция осуществляет контроль за соблюдением всеми подведомственными управлению «Ленгаз» организациями правил безопасности в газовом хозяйстве Госгортехнадзора, правил технической эксплуатации и техники безопасности в газовом хозяйстве МЖКХ РСФСР, технических условий, СНиП, действующего законодательства по вопросам безопасности в газоснабжении, приказов и инструкций управления горгаза. Она контролирует правильность приема в эксплуатацию сооружений газового хозяйства и газифицированных объектов, ведет анализ и учет аварий и несчастных случаев на газопроводах и газифицированных объектах хозяйств управления, разрабатывает мероприятия по их предупреждению.

Межрайонные эксплуатационные конторы (МРК) обеспечивают непосредственную эксплуатацию городского газового хозяйства. МРК, находящиеся в черте города, обслуживают газопроводы низкого давления, домовые системы и коммунально-бытовые предприятия, работающие на газе низкого давления.

Районные эксплуатационные конторы (РЭК) в городах Пушкине, Петродворце, Колпине осуществляют эксплуатацию всей системы газоснабжения указанных городов, включая газопроводы высокого, среднего и низкого давления, а также газорегуляторные пункты.

Основной задачей деятельности МРК и РЭК является организация эксплуатации газового хозяйства для обеспечения надежного бесперебойного и безопасного газоснабжения потребителей. Для этой цели МРК проводят текущий и профилактический осмотр, ликвидируют утечки газа на уличных и дворовых газопроводах и на всех относящихся к ним сооружениях и оборудовании. МРК осуществляет технический надзор и техническую приемку вновь проложенных уличных и дворовых газовых сетей, а также ввод в эксплуатацию принятых газопроводов. Принимают в эксплуатацию внутренние газовые сети и оборудование жилых домов, предприятий общественного питания, котельных, детских учреждений, школ, мелких коммунально-бытовых предприятий

и других объектов, снабжаемых газом от сетей низкого давления и от настенных шкафных регуляторных установок.

Контора по эксплуатации сетей высокого и среднего давлений (СВСД) осуществляет эксплуатацию, капитальный и текущий ремонты уличных газопроводов высокого и среднего давлений, газовых дюкеров, сетевых газорегуляторных пунктов (ГРП), техническую приемку вновь проложенных газопроводов среднего и высокого давлений к ГРП. Эксплуатационная деятельность конторы СВСД, МРК и РЭК заключается в периодическом осмотре трасс подземных уличных и дворовых газопроводов и сооружений на них с целью проверки состояния газопроводов, своевременном выявлении и локализации возможных утечек газа и последующей ликвидации их, а для МРК и РЭК — также в профилактическом осмотре и ремонте внутридомовой газовой аппаратуры и систем. В период с 1 декабря по 1 мая осмотр некоторых трасс газопроводов среднего давления ведется по особому графику, предусматривающему и ежедневные обходы.

Контора «Ленпромгаз» учитывает и контролирует параметры поступающего в город газа, а также расходы газа на промышленных коммунальных предприятиях и в котельных, снабжаемых от сетей высокого и среднего давлений. Во всех хозяйствах управления и на промышленных предприятиях проверяет КИП, обслуживает газопроводы, автоматику и оборудование в отопительных котельных. Инженерно-технические работники конторы контролируют качество сжигания газа и соблюдение правил технической эксплуатации газового хозяйства и газифицированных объектов города, осуществляют приемку и эксплуатацию, пуск и техническую наладку агрегатов, оборудования, а также автоматики безопасности и регулирования, проводят анализы газовоздушной среды в помещении и колодцах.

Контора аварийной службы обеспечивает бесперебойное и безопасное газоснабжение города. В любое время суток аварийная служба ликвидирует выявленные утечки газа в домовых, квартирных газопроводах и газовых приборах, локализует и ликвидирует утечку газа на подземных газопроводах высокого, среднего и низкого давлений. Контора аварийной службы ведет учет и анализ причин, вызывающих утечку газа. Для оперативного выполнения работ служба должна иметь необходимый транспорт, механизмы, приспособления и инструменты.

В оснащение аварийной машины входят:

противогазы шлаиговые, шт.	2
противогазы кислородно-изолирующие, шт.	2
спасательные пояса с веревками, шт.	3
взрывобезопасные аккумуляторные лампы типа ЛАТ-2 или ЛАУ, шт.	2
металлические лестницы, шт.	2
ломы, лопаты, кувалды, топоры, шт.	2—3
глина огнеупорная, ведро	1
мешковина, м	10

брезент, шт. 1
различные пробки, шт. 10
газоанализаторы, шт. . . . . 2—3
предупредительные знаки, шт. . . . . 2—3
краны, угольники, муфты, шт. . . . . 10—15

Аварийные машины должны оснащаться также звуковым сигналом и радиосвязью.

Служба защиты газопроводов от электрокоррозии производит электроизмерения на действующих газопроводах с целью выявления их состояния, составляет списки анодных зон и потенциальные диаграммы, обрабатывает результаты измерений и готовит материалы на проектирование защиты, выполняет монтажные работы по активной защите от коррозии, принимает в эксплуатацию смонтированные электрозащитные установки и другие средства активной защиты и эксплуатирует их. Остальные хозяйства управления призваны обслуживать нужды эксплуатационной деятельности газового хозяйства города.

§ 8.22. Планирование газового хозяйства

Планирование городского газового хозяйства осуществляется на основе общих принципов планирования народного хозяйства, однако имеется ряд особенностей, зависящих от местных условий.

Планы развития и эксплуатации газового хозяйства городов могут быть перспективными и текущими. Годовой план эксплуатационной конторы или другого подразделения управления горгаза называется техпромфинпланом (технико-производственный финансовый план). Он является основным плановым документом, направляющим деятельность подразделений горгаза на дальнейшее улучшение обслуживания потребителей газовым топливом при всемерной экономии трудовых и материальных затрат.

Техпромфинплан эксплуатационного подразделения горгаза состоит из разделов, приведенных ниже.

1. Производственная программа по сетевому и сжиженным газам предусматривает планирование следующих показателей:

количество газифицированных квартир в домах местных Советов, ведомств и находящихся в личной собственности. При этом учитывается ввод в действие нового жилого фонда, а также газификация существующего фонда;

количество газифицированных коммунально-бытовых и промышленных предприятий;

2. Получение газа от источника газоснабжения и реализация его по группам потребителей:

потери и неучтенный расход газа;

услуги, оказываемые абонентам, и т. д.

План по труду и заработной плате предусматривает повышение производительности труда, содержит расчеты по определению численности рабочей силы. Планируется подготовка и повышение квалификации кадров, фонд зарплаты и другие показатели.

План по себестоимости включает плановую калькуляцию себестоимости реализуемого сетевого и сжиженного газов. В плане учитываются такие показатели, как получение и реализация газа, количество абонентов и домового оборудования, протяженность газопроводов, потери и неучтенный расход газа. В плане предусматриваются: расходы на покупку газа из источников газоснабжения (до 85 % всех расходов газового хозяйства), затраты на зарплату (до 30 %), амортизационные отчисления (до 20 %), расходы на материалы, топливо, электроэнергию и воду (до 5 %).

План материально-технического снабжения определяет потребность в материалах, оборудовании и топливе.

План организационных технических мероприятий предусматривает внедрение новой техники, усовершенствование технологии, улучшение эксплуатации и ремонта газового оборудования и газопроводов, экономию материалов и запасных частей. В плане намечаются различные мероприятия, сроки их проведения, предполагаемые затраты и ожидаемый эффект.

Объем работы и показатели эксплуатационных подразделений горгаза обычно выражаются в условных единицах *:

каждые 1000 квартир сетевого газа	100
то же, сжиженного газа	200
каждое промышленное или коммунально-бытовое предприятие	0,5
каждый километр распределительного газопровода	10
реализация 1 млн. м³ газа в год	2

В зависимости от объема эксплуатационных работ (в условных единицах) контора, управление, трест могут быть отнесены к одной из следующих групп:

1 группа	15 000 и более
2 »	7 500—15 000
3 »	5 000—7 500
4 »	1 500—5 000
5 »	750—1 500

Структура эксплуатационного подразделения, штатное расписание, плановые показатели, количество рабочих и т. д. строятся исходя из того, к какой группе относится конкретное предприятие горгаза.

Для планирования выполнения основных эксплуатационных работ разработаны нормы, положения и инструкции (табл. 8.7—8.9).

---

* В каждой местности вышеперечисленные условные единицы берутся с коэффициентом $K = 2$.

Таблица 8.7. Нормы на профилактическое обслуживание распределительных газопроводов

Вид работы	Количество условных единиц
1. Проверка на загазованность и исправность колодцев	1
2. Проветривание загазованного колодца	5
3. Проверка исправности крана, стояка, конденсатосборника среднего давления и устранение выявленных недостатков	0,8
4. Проверка наличия воды в конденсатосборнике низкого и среднего давления	1,0
5. Проверка загазованности и состояния контрольных трубок	0,8
6. Проверка состояния контрольного проводника	0,5
7. Проверка исправности стояка гидрозатвора и конденсатосборника низкого давления	0,6
8. Проверка подвального помещения на загазованность:	
без газоанализатора	2,0
с газоанализатором	3,0
9. Откачка воды из конденсатосборника	2,0
10. Поднятие или опускание ковера (с земляными работами):	
на усовершенствованной мостовой	50
на булыжной мостовой	20
на мостовой без покрытия	12
11. Проверка состоянии колодцев на кране и задвижке:	
летом	0,8
зимой	1,0
12. Замена крышки:	
на малом ковере	5,0
на большом ковере	10,0
13. Откачка конденсата из дюкерного сифона	5,0
14. Раскопка котлована для осмотра и ремонта газопроводов и арматуры на них:	
на усовершенствованной мостовой	100—200
на булыжной мостовой	80—100
15. Установка настенного трафарета (знака)	5

Примечания: 1. В нормах за условную единицу принята работа слесарей по проверке на загазованность и исправное состояние колодцев в летнее время. 2. Количество условных единиц на работы, указанные в п. п. 1—7, в зимних условиях увеличивается в 1,2 раза. 3. В зимних условиях коэффициент ковера (с земляными работами) увеличивается в 2 раза.

Таблица 8.8. Нормы на профилактическое обслуживание внутридомового газового оборудования

Приборы	Количество условных единиц при обслуживании		
	1 раз в месяц	2 раза в 2 месяца	3 раза в 6 месяцев
Одиночная газовая плита четырех- и трехконфорочная	1	1,6	—
То же, двухконфорочная	0,9	1,4	—
Газовая плита четырех- и трехконфорочная при наличии других газовых приборов в квартире	0,8	1,3	—
То же, двухконфорочная газовая плита	0,7	1,1	—
Водонагреватель автоматический типа КГИ-56 и Л	1,6	2,5	—
Водонагреватель типов АГВ-80 и АГВ-120	2,5	—	—
Котел ВНИИСТО с газовой автоматикой	2,5	—	—
Газовый холодильник типа ХІІІ-4Т	0,8	—	—
Горелка инфракрасного излучения с автоматикой	1,1	—	—
Плита № 19 и 21 завода «Нарпит»	1,6	—	—
Ресторанная плита типа ПГР-1	8,0	—	—
Пищеварочный котел с автоматикой типа ГК-250 и ГК-40	12	—	—
Однобаллонная установка с четырех- и трехконфорочной плитой	—	2,4	—
То же, двухбаллонные	—	2,9	—
Газооборудование котла с инжекционными горелками без автоматики	—	—	2,9
То же, со смесительными горелками без автоматики	—	—	5,2
Газооборудование котла с инжекционными горелками низкого давления с автоматикой АГК, АПК	—	—	6
Газооборудование котла со смесительными горелками низкого давления с автоматикой «Сигнал»	—	—	8
Узел редуцирования котельной	—	—	5
Счетчик газовый типа РК	—	—	0,8

Таблица 8.9. Нормы на одного слесаря, обслуживающего газовое оборудование

Разряд слесаря	Средняя дневная норма, условные единицы	Месячная норма, условные единицы		
		средняя	минимальная	максимальная
II	36	760	660	860
III	40	830	740	920
IV	44	920	840	1000
V	48	1000	910	1090

Примечание. Нормы приняты в связи с переходом на пятидневную рабочую неделю.

§ 8.23. Отчетность в газовом хозяйстве

Для нормальной работы эксплуатационных управлений (трестов) и их структурных подразделений существуют специальные формы учетно-отчетной документации, к которой относятся:

техническая документация на подземные газопроводы;

техническая документация на внутреннее газооборудование жилых домов, коммунально-бытовых и промышленных предприятий;

техническая документация на газорегуляторные пункты и установки;

специальные формы учета протяженности газопроводов и количества газовых приборов и агрегатов.

Техническая документация на подземные газопроводы включает:

схему расположения подземных газопроводов с нанесенными на ней ГРС, ГРП, а также всеми сооружениями и потребителями газа;

план проездов или владений с нанесенными газопроводами и смежными подземными сооружениями (коммуникациями);

паспорта газопроводов;

акты и эскизы выполняемых ремонтных работ;

исполнительную техническую документацию на прием газопровода.

Основными формами учетной документации для ГРП является исполнительно-техническая документация и паспорта. В паспортах записываются все работы, связанные с ремонтом, модернизацией оборудования и КИП газорегуляторных пунктов.

Для каждого ГРП или ГРУ составляются специальные журналы профилактического обслуживания их. Учетная документация внутридомового газооборудования, коммунально-бытовых и промышленных объектов также состоит из исполнительно-техниче-

ской документации и форменных журналов обслуживания. Кроме того, на все газифицированные установки промышленных предприятий заводятся специальные журналы, в которых отмечаются выполненные профилактические ремонты и аварийные работы.

В соответствующих службах и отделах управления треста учитываются: количество газовых приборов по типам и маркам, протяженность газопроводов по диаметрам и давлениям газа в них, количество и виды арматуры на газопроводе и различные сооружения на них. Все эти данные записываются в общую техническую характеристику (управления, треста, конторы) и периодически уточняются. Службы, участки и отделы систематически отчитываются перед вышестоящими подразделениями по следующим показателям производственно-эксплуатационной деятельности:

видам производственных профилактических ремонтов на газопроводах и их сооружениях;

протяженности подземных газопроводов;

количеству газифицированных квартир;

получению и реализации газа по группам потребителей;

расходам и доходам от эксплуатации и т. д.

§ 8.24. Прокладочные и уплотнительные материалы

Прокладочные и уплотнительные материалы включают паронит, различные картоны, материалы на основе резины, льна, асбеста, графита, а также олифу, белила и сурик свинцовые.

Паронит листовой является основным прокладочным материалом и служит для уплотнения фланцевых соединений газопроводов. Паронит (ГОСТ 481—80), изготовляемый из асбеста, каучука и наполнителей, выпускается в виде листов размерами от 300×400 до 1200×1700 мм при толщине от 0,4 до 6 мм. Паронит нужно хранить в закрытых помещениях и защищать от воздействия прямых солнечных лучей и отопительных приборов. Перед употреблением паронитовые прокладки выдерживают некоторое время в горячей воде и натирают порошкообразным графитом. Прокладки из паронита работают при температуре до 250 °С и давлении 1,6 МПа

Картон прокладочный выпускается по ГОСТ 9347—74 и изготовляется двух марок: марки А — пропитанный толщиной от 0,2 до 1,5 мм и марки Б — непропитанный толщиной от 0,3 до 2,5 мм

Прокладки, вырубленные или вырезанные из картона марки Б, перед употреблением смачиваются в горячей воде и высушиваются. Затем прокладки пропитываются в горячем, но не кипящем вареном масле или отработанном минеральном масле в течение 30 мин.

Прокладки из картона работают при температуре до 90 °С и давлении до 0,5 МПа

Картон асбестовый выпускается по ГОСТ 2850—80 в виде листов размерами 0,9×0,9; 0,9×1,0; 1,0×1,0 м, толщиной от 2 до 10 мм. Не рекомендуется ставить прокладки из асбеста толщиной более 4 мм. Перед установкой прокладки целесообразно предварительно покрыть ее поверхность тонким слоем свинцового сурика или жидким стеклом.

Лен может быть следующих сортов: лен-стланец, трепаный, лен моченый. Пряди льна, пропитанные свинцовым суриком или белилами, разведенными на натуральной олифе, применяются в качестве уплотнителя резьбовых соединений газопроводов, проложенных открытым способом. Нити и шнуры асбестовые выпускаются по ГОСТ 1779—83 и могут применяться для уплотнения резьбовых соединений газопроводных труб внутренних систем газоснабжения.

Асбестовые нити пропитываются порошкообразным графитом, замешанным на натуральной олифе. Набивки сальниковые асбестовые пропитанные применяются для уплотнения сальников арматуры. Набивки представляют собой шнур, плетенный из асбестовой нити и пропитанный антифрикционным составом (порошкообразный графит и говяжье сало), изготовляются они круглого и квадратного сечения диаметром или размером стороны квадрата от 4 до 50 мм. Применяются при давлении до 4,5 МПа и температуре до 300 °С. Хранятся набивки в сухом помещении.

При наличии на объекте непропитанных асбестовых шнуров их необходимо пропитать следующим образом: асбестовый шнур опускают в расплавленное говяжье сало и кипятят в течение 5 мин, затем шнур охлаждают и обволакивают в порошкообразном графите. Наиболее распространенный состав набивки следующий (г):

асбестовый шнур (ГОСТ 1779—83)	100
говяжье сало	120
порошок графита	25

Смазка для кранов газовых приборов имеет следующий состав (%):

жир технический	20
масло веретенное	70
каустическая сода	3

Смазка применяется для уплотнения пробковых кранов на приборах и газопроводах.

Материалы для изоляций газопроводов используются для покрытия стальных газопроводов, укладываемых в грунте; газопроводы покрываются противокоррозионной изоляцией, тип которой принимается в зависимости от коррозионности грунта. Изоляция должна быть водонепроницаема, диэлектрически надежна, химически стойка в грунтах, хорошо прилипать к трубе, механически прочна и эластична.

В настоящее время наибольшее применение находят для изоляции труб битумные мастики и битумно-резиновые покрытия.

Грунтовка служит для улучшения прилипаемости изоляции к металлу; она приготовляется из битума марки БН-IV или смеси битумов тех марок, из которых делается изоляция, и растворяется в автомобильном бензине (ГОСТ 2084—77) в соотношении 1 : 3 по объему или 1 : 1,25÷1 : 2,5 по массе.

Битумная мастика (БМ) изготовляется из битума и пылевидного наполнителя — известняка или каолина.

В битумно-резиновую мастику, кроме того, добавляется порошок резины крупностью помола не более 1 мм.

При температуре наружного воздуха 0÷—10 °С в мастику добавляется пластификатор — осевое масло в количестве до 3 % по массе, а при температуре ниже —10 °С — до 5 %.

Вместо битумных изоляционных покрытий применяются липкие ленты (пластмассовые, полихлорвиниловые и др.).

Усиливающие обертки применяются для увеличения прочности и толщины изолирующего покрытия. Лучшими материалами для этой цели являются гидроизол, бризол и стеклоткани. Гидроизол приготовляется из асбестоволокнистого картона, пропитанного в битуме, и выпускается марок ГИ-1 и ГИ-2. Характеристики их обусловлены ГОСТ 7415—74.

Бризол изготовляется из битума марки БН-IV, резиновой крошки, асбеста и пластификатора. Защищающая обертка предохраняет изоляцию от механических повреждений и действия солнечных лучей. Характеристика крафт-бумаги определена ГОСТ 2228—81.

Раздел девятый

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННОГО И ГАЗОВОГО ХОЗЯЙСТВА

Глава I. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

§ 9.1. Техпромфинплан

Техпромфинплан является годовой программой работы предприятия, отражающей все стороны его производственной и финансовой деятельности. Он состоит из следующих разделов:

Производство — производственная программа, производственная мощность и показатели ее использования, план повышения качества эксплуатационной деятельности.

Труд и социальное развитие — сводный план по труду и заработной плате, баланс рабочего времени одного рабочего, численность и фонды заработной платы рабочих-повременщиков и административно-управленческого персонала, трудовые и денежные затраты на содержание сети, план подготовки и повышения квалификации кадров, план образования фондов материального поощрения и социально-культурных мероприятий и жилищного строительства и смета их расходования, план социального развития коллектива.

Финансы — финансовый план, доходы от отпуска продукции (оказания услуг), плановые калькуляции себестоимости продукции (услуг), сметы цеховых, общеэксплуатационных и внеэксплуатационных расходов, расчет амортизационных отчислений и нормативов собственных оборотных средств.

Капитальное строительство и капитальный ремонт — план капитального строительства и капитального ремонта основных фондов, план образования фонда развития производства и смета его расходования.

Внедрение новой техники — повышение уровня использования основных фондов, внедрение новой техники, прогрессивной технологии, механизации и автоматизации производственных процессов, совершенствование организации управления производством и производственного планирования, план научной организации труда, план мероприятий по охране и рациональному использованию природных ресурсов.

Материально - техническое обеспечение — потребность в материальных ресурсах, объемы и сроки поставок, нормы запасов, поставщики.

Для разработки техпромфинплана вышестоящая организация утверждает коммунальным предприятиям следующие основные показатели:

общую сумму дохода от реализации всех видов продукции (услуг) по действующим тарифам (ценам), в том числе сумму дохода от реализации продукции (услуг) населению и на коммунально-бытовые нужды;

общую сумму балансовой прибыли;

платежи в бюджет и ассигнования из бюджета (либо отчисления вышестоящей организации и поступления от нее в порядке перераспределения прибыли);

общий фонд заработной платы всего персонала;

общую численность работников;

объем капитальных вложений, в том числе объем строительно-монтажных работ, а также ввод в действие основных фондов и производственных мощностей;

задания по внедрению новой техники и совершенствованию технологии, комплексной механизации и автоматизации, имеющих важное значение для дальнейшего развития отрасли;

объем поставок предприятию материалов, оборудования и транспортных средств, распределяемых вышестоящими организациями.

Дополнительно к перечисленным вышестоящая организация утверждает натуральные показатели, специфичные для каждой отрасли коммунального хозяйства:

а) для предприятий водопроводно-канализационного хозяйства:

полезный отпуск воды, в том числе населению и на коммунально-бытовые нужды;

объем отведения сточных вод, в том числе пропуск сточных вод через сооружения биологической очистки;

б) для предприятий газового хозяйства:

реализация газа в натуре — сетевого и сжиженного;

график профилактического обслуживания (ревизии) домового газооборудования.

§ 9.2. Эксплуатационная смета (себестоимость продукции или услуг)

Себестоимость представляет собой выраженные в денежной форме затраты предприятия на производство и реализацию продукции или услуг. Для планирования и учета затрат на предприятиях водопроводно-канализационного и газового хозяйства составляются калькуляции. В них отражается себестоимость как общего объема годовой продукции или услуг предприятия, так и единицы продукции или услуг. Калькуляционными единицами являются: по водопроводу — 1000 м³ полезно отпущенной воды; по канализации — 1000 м³ отведенной по городской канализа-

ционной сети сточной жидкости; по газовому хозяйству — 1000 м³ реализованного сетевого газа или 1 кг реализованного сжиженного газа. Номенклатура статей расходов, учитываемых в калькуляциях, показана в табл. 9.1.

Ниже приводятся указания по планированию основных статей себестоимости.

Материалы. По данной статье в прямых расходах учитываются затраты на вспомогательные материалы: реагенты для очистки и обеззараживания воды и сточной жидкости и материалы для нужд эксплуатации и текущего ремонта водопроводных, канализационных и газовых сетей, газового оборудования и средств по доставке сжиженного газа. Стоимость материалов рассчитывается исходя из прогрессивных норм их расхода и заготовительных цен (табл. 9.2). В заготовительную цену включаются: оптовая цена поставщика, доплата к оптовой цене, наценки сбытовых или снабженческих организаций, транспортные и погрузочно-разгрузочные расходы, расходы на тару и др.

Оптовые цены на реагенты, применяемые в водопроводно-канализационном хозяйстве, приведены в табл. 9.3.

Стоимость электроэнергии. Выделяется в самостоятельную статью прямых расходов на водопроводно-канализационных предприятиях. По ней планируются и учитываются затраты на производственную электроэнергию, расходуемую: по водопроводу — на подъем воды, по канализации — на перекачку сточной жидкости и на технологические нужды очистных сооружений. Стоимость электроэнергии, расходуемой на освещение, вентиляцию, отопление и другие хозяйственные нужды, относится на соответствующие статьи цеховых и общеэксплуатационных расходов.

Затраты на электроэнергию определяются по действующим в данной энергосистеме тарифам формулами:

при одноставочном тарифе

$$З = ЭТ; \tag{9.1}$$

при двухставочном тарифе

$$З = ЭТ_1 + МТ_2, \tag{9.2}$$

где З — затраты на электроэнергию, руб.; Э — годовой расход электроэнергии, кВт·ч; Т — цена за 1 кВт·ч активной энергии, учтенной счетчиком при одноставочном тарифе, руб.; $Т_1$ — то же, при двухставочном тарифе *, руб.; М — заявленная (абонированная) максимальная мощность, участвующая в максимуме энергосистемы, кВт **; $Т_2$ — цена за 1 кВт заявленной максимальной мощности за год при двухставочном тарифе, руб.

---

* Если счетчик установлен на стороне вторичного напряжения, т. е. после головного абонентского трансформатора, то указанная в прейскуранте цена умножается на коэффициент 1,025.

** Под заявленной мощностью имеется в виду абонированная потребителем наибольшая получасовая электрическая мощность, совпадающая с периодом максимальной нагрузки энергосистемы.

Таблица 9.1. Номенклатура статей расходов, учитываемых в калькуляциях себестоимости продукции (услуг) предприятия водопроводно-канализационного и газового хозяйства

Водопровод и канализация	Газовое хозяйство	
	Сетевой газ	Сжиженный газ
Подъем воды (сточной жидкости): электроэнергия амортизация заработная плата рабочих отчисления на социальное страхование цеховые расходы Очистка воды (сточной жидкости): материалы электроэнергия амортизация заработная плата рабочих отчисления на социальное страхование цеховые расходы Содержание и текущий ремонт сети: материалы амортизация заработная плата отчисления на социальное страхование цеховые расходы Покупная вода (только для водопровода) Возмещение затрат на обслуживание внутридомовых сетей и устройств Прочие прямые затраты Общеэксплуатационные расходы Итого расходов по эксплуатации Внеэксплуатационные расходы Всего по полной себестоимости	Оплата за полученный газ Содержание и ремонт сети и газгольдеров: материалы амортизация заработная плата рабочих отчисления на социальное страхование Содержание аварийно-диспетчерской службы: материалы заработная плата рабочих отчисления на социальное страхование транспортные расходы прочие расходы Возмещение затрат на обслуживание внутридомовых сетей и устройств Прочие расходы Цеховые и общеэксплуатационные расходы Итого расходов по эксплуатации Внеэксплуатационные расходы Всего по полной себестоимости	Оплата за полученный газ Транспортные расходы по доставке газа абонентам Содержание и текущий ремонт баллонов: материалы амортизация заработная плата рабочих отчисления на социальное страхование Содержание и текущий ремонт газораздаточной станции: материалы амортизация заработная плата рабочих отчисления на социальное страхование Прочие расходы Цеховые и общеэксплуатационные расходы Итого расходов по эксплуатации Внеэксплуатационные расходы Всего по полной себестоимости

Примечание. В справке к калькуляции из общего итога затрат по эксплуатации выделяются: общая сумма заработной платы всего эксплуатационного персонала; общая сумма затрат на материалы и запасные части, расходуемые на нужды эксплуатации; общая сумма амортизации всех основных фондов, числящихся на балансе.

Таблица 9.2. Пример расчета заготовительной цены

Наименование материала	Стандарт или ТУ	Основное вещество	Содержание основного вещества, %	Единица измерения	Оптовая цена	
					основная	доплата
Алюминий сернокислый неочищенный	ТУ 113-08-531—83	Al_2O_3	10	руб./т	30,00	1,58

Продолжение табл. 9.2

Наименование материала	Наценка снабженческих организаций	Стоимость перевозки по железной дороге	Автотранспортные расходы	Расходы по погрузке и выгрузке	Расходы по таре	Прочие расходы	Заготовительная цена франко-склад предприятия
Алюминий сернокислый неочищенный	—	0,90	2,00	3,07	—	—	37,55

Расчеты с энергоснабжающей организацией по одноставочному тарифу производятся при присоединенной мощности электродвигателей и трансформаторов до 750 кВ·А. При большей присоединенной мощности используется двухставочный тариф.

Амортизация. Начисляется по установленным нормам исходя из среднегодовой стоимости отдельных видов основных фондов. Амортизация производственных зданий, сооружений, сетей и оборудования планируется и учитывается в прямых расходах в виде отдельных статей; амортизация основных фондов общеэксплуатационного характера отражается в смете общеэксплуатационных расходов.

В табл. 9.4 приведены нормы амортизационных отчислений по основным фондам водопроводно-канализационного и газового хозяйства, утвержденные постановлением Совета Министров СССР № 183 от 14.03.74 и введенные в действие с 01.01. 75.

Заработная плата производственных рабочих. По этой статье планируется и учитывается основная и дополнительная заработная плата рабочих, непосредственно участвующих в основной производственной деятельности, т. е. занятых обслуживанием, планово-предупредительным и текущим ремонтом производственных сооружений, сетей и оборудования. Заработная плата рабо-

Таблица 9.3. Оптовые цены на реагенты, используемые в водопроводно-канализационном хозяйстве

Наименование продукции	Стандарт или ТУ	Основное вещество	Содержание основного вещества, %, не менее	Оптовая цена, руб.-коп.	
				за 1 т	за 1 тонно-процент
Алюминиат натрия	ТУ 48-5-52—76	—	—	500—00	—
Алюминий сернокислый технический:					
водный раствор	ТУ 08-438—79	Al_2O_3	7,2±0,5	27—00	—
неочищенный	ТУ 113-08-531—83		9,5	30—00	3—16
очищенный:	ГОСТ 12966—85				
сорт высший			17,0	79—00	4—65
» I			16,3	73—00	4—48
» II			15,0	63—00	4—20
Аммиак технический:					
водный:	ГОСТ 9—77	NH_3			
марка А:					
сорт высший			25,0	28—00	1—12
» I			25,0	27—50	1—10
жидкий:	ГОСТ 6221—82 Е				
марка А			99,96	104—00	—
» Ак			99,6	104—00	—
» Б			99,6	97—00	—
Аммоний кремнефтористый технический:	ГОСТ 10129—62	$(NH_4)_2SiF_6$			
сорт I			92,0	220—00	2—39
» II			86,5	190—00	2—20
Гексаметафосфат натрия	ГОСТ 20291—80	$(NaPO_3)_6$	—	630—00	—
Гипохлорит кальция нейтральный:	ГОСТ 25263—82 Е	$Ca(OCl)_2$	Активный хлор		
марка А:					
сорт высший			72,0	900—00	12—50
» I			64,0	760—00	11—87
» II			52,0	600—00	11—54
марка Б:					
сорт I			30,0	200—00	6—66
» II			24,0	110—00	4—58
низкопроцентный:	ТУ 6-01-1258—81				
сорт I			30,0	200—00	6—66
» II			24,0	110—00	4—58
» III			18,0	45—00	2—50
Гипохлорит натрия:	ГОСТ 11086—76	NaOCl	Активный хлор		
марка А			190 г/л	70—00	—
» Б			170 г/л	60—00	—
» В			120 г/л	40—00	—
Купорос медный	ГОСТ 19347—84 Е	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$			
марка А:					
сорт высшнй			99,0	415—00	4—19
» I			98,0	400—00	4—08
марка Б:					
сорт I			95,0	360—00	3—79
» II			93,0	320—00	3—44
» III			93,0	300—00	3—20
Натр едкий технический жидкий марки РД:	ГОСТ 2263—79	NaOH			
сорт высший			46,0	60—00	1—30
» I			44,0	55—00	1—25
» II			50,0	65—00	1—30

Наименование продукции	Стандарт или ТУ	Основное вещество	Содержание основного вещества, %, не менее	Оптовая цена, руб.-коп.	
				за 1 т	за 1 тонно-процент
Натр кремнефтористый технический:	ГОСТ 87—77	Na_2SiF_6			
сорт высший			98,0	196—00	2—00
» I			95,0	162—00	1—71
Натр фтористый технический:	ГОСТ 2871—75	NaF			
сорт I			97,0	360—00	3—71
» II			80,0	225—00	2—81
Полнакриламидгель технический:	ТУ 6-01-1049—81				
известковый:					
сорт высший			7	119—00	17—00
» I			7	108—50	15—50
аммиачный:					
сорт высший			6	102—00	17—00
» I			6	93—00	15—50
» II			5	72—50	14—50
содовый	ТУ 14-6-121—75		В пересчете на 100 % сухого вещества, 50	1700—00	—
сухой	ТУ 6-16-2531—81			1112—50	22—25
Железо хлорное:	ГОСТ 11159—76	$FeCl_3$			
техническое:					
сорт I			97,3	153—00	1—57
» II			95,0	133—00	1—40
раствор:	ТУ 6-22-30—80				
марка А			40	44—00	
» Б			30	33—00	
Железо сернокислое техническое:	ГОСТ 4148—78	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$			
сорт I			52	30—00	—
» II			47	27—00	—
Известь-пушонка	ТУ 6-02-936—74	CaO+MgO	В пересчете на 100 % сухого вещества, 50	12—00	
Известь строительная воздушная негашеная комовая:	ГОСТ 9179—77	CaO+MgO			
сорт I			90	15—20	—
» II			80	12—70	—
» III			70	11—00	—
Известь хлорная:	ГОСТ 1692—58		Активный хлор		
марка А			35	175—00	5—00
» Б			35	95—00	2—71
» В			32	80—00	2—50
Кислота серная техническая:	ГОСТ 2184—77	H_2SO_4			
башенная контактная:			75	28—50	0—38
сорт I			92,5	39—80	0—43
» II			92,5	38—85	0—42
улучшенная:					
сорт высший			92,5—94,0	44—40	0—48
» I			92,5—94,0	41—60	0—45
Кислота соляная техническая	ТУ 6-01-468—78	HCl	31,5	25—20	0—80

Наименование продукции	Стандарт или ТУ	Основное вещество	Содержание основного вещества, %, не менее	Оптовая цена, руб -коп	
				за 1 т	за 1 тонно-процент
Соль поваренная техническая	ТУ 6-13-14—77	NaCl	В пересчете на 100 % сухого вещества, 96	5—80	—
Сода кальцинированная техническая:	ГОСТ 10689—75		То же		
сорт I			96,5	63—00	0—65
» II			90,5	52—50	0—58
» III			87,0	41—00	0—47
Стекло натриевое жидкое	ТУ 6-18-68—75	Na_2CO_3	По модулю, 2,45	39—40	—
Суперфосфат гранулированный из апатитового концентрата:	ГОСТ 5956—78	P_2O_5			
навалом			20±1	42—00	21—50
в мешках			20±1	46—00	25—50
Тиосульфат натрия кристаллический технический:	ГОСТ 244—76	$Na_2S_2O_3$			
сорт высший			98,5	160—00	1—62
» I			98,0	155—00	1—58
Тринатрийфосфат технический	ГОСТ 201—76	P_2O_5	18,5	200—00	—
Уголь активный древесный дробленый:	ГОСТ 6217—74				
БАУ-А				1340—00	—
БАУ-В				1260—00	—
БАУ-МФ				1315—00	—
Хлор жидкий:	ГОСТ 6718-68	Cl_2			
сорт высший			99,8	71—00	—
» I			99,6	68—00	—

Примечания: 1. Оптовые цены даны франко-вагон станция (порт, пристань) отправления по прейскурантам 05 оптовых цен на химическую продукцию, действующие на 01.01 84. 2. При поставке аммиака жидкого синтетического в баллонах взимается дополнительно 21 руб. за 1 т 3 Взимается дополнительная плата за 1 т жидкого хлора при разливе его в баллоны — 25 руб , в коитейиеры емкостью 100 л — 15 руб., в коитейнеры емкостью 800—1000 л — 12 руб

чих определяется исходя из их численности, действующих тарифных ставок, сдельных расценок, а также всех видов доплат.

Численность рабочих, необходимая для выполнения производственной программы, рассчитывается по объему работ или по рабочим местам.

При расчете численности рабочих по объему работ используется формула

$$Ч = Н_в/(К_в \cdot Т_{эф}), \qquad (9.3)$$

где Ч — среднесписочная численность рабочих; $Н_в$ — затраты нормированного времени на выполнение программы, ч; $К_в$ — ко-

Таблица 9.4. Нормы амортизационных отчислений, % к балансовой стоимости основных фондов

Группы и основные виды фондов	Общая норма амортизационных отчислений	В том числе	
		на полное восстаиовление	на капитальный ремонт
Производственные здания			
Здаиия с железобетонными и металлическими каркасами, со стенами из каменных материалов, крупных блоков и панелей, с железобетониыми, металлическими и другими долговечными покрытиями с площадью пола ($м^2$):			
свыше 5000	2,4	1,0	1,4
до 5000	2,6	1,2	1,4
Гидротехнические сооружения			
Плотины железобетониые, бетонные и каменные	1,6	1,0	0,6
Плотины и дамбы, земляные и речные оградительные сооружения	1,7	1,3	0,4
Берегоукрепительные и берегозащитиые сооружения железобетоиные, бетоиные и камеиные	4,55	3,35	1,2
Гидротехиические сооружеиия деревянные	4,8	3,0	1,8
Внутрихозяйственная и межхозяйственная оросительная сеть:			
каиалы земляные без облицовкн; каналы, облицованные камнем, бетоном и железобетоном	3,8	2,0	1,8
каналы из железобетонных лотков	6,3	4,0	2,3
каналы из асбестоцемеитных, стальных и полиэтиленовых труб	3,9	2,5	1,4
Межхозяйственная и виутрихозяйствеиная водосборио-сбросная сеть из открытых земляных каналов	3,6	2,0	1,6
Межхозяйствеиные и внутрихозяйствеииые коллекторио-дреиажные каналы земляиые без креплеиия	4,4	2,0	2,4
Закрытая коллекторно-дренажиая сеть:			
каиалы из асбестоцементиых труб	3,4	2,5	0,9
каналы из гончарных труб	2,3	1,6	0,7
каналы из пластмассовых труб	3,9	3,3	0,6
Сооружения водопровода			
Водоприемные сооружения для открытых источииков, включая крепление береговой полосы (для целей водосиабжения)	4,4	2,0	2,4
Водоприемиые сооружеиия для подземных источииков (артезианскне скважиины)	6,8	4,0	2,8
Комплекс очистиых сооружений водопровода (баки затворные и растворные, смесители, камеры реакции, отстойиики, осветлителн, фильтры, водоумягчители)	4,6	2,0	2,6

Продолжение табл. 9.4

Группы и основные виды фондов	Общая норма амортизационных отчислений	В том числе	
		на полное восстановление	на капитальный ремонт
Сооружения для аэрации воды			
Брызгальные бассейны железобетонные	4,1	2,5	1,6
Градирни:			
железобетонные	3,5	3,3	0,2
деревянные	15,1	14,3	0,8
металлические	11,3	10,0	1,3
бетонные	7,6	6,7	0,9
Резервуары чистой воды:			
железобетонные подземные с обваловани-ем	2,7	2,5	0,2
кирпичные заземленные	3,9	3,3	0,6
металлические	8,6	3,3	5,3
Водонапорные башни:			
металлические	5,9	5,0	0,9
кирпичные с металлическими резервуа-рами	3,4	2,5	0,9
кирпичные и железобетонные с железо-бетонными резервуарами	2,8	2,0	0,8
деревянные	11,7	10,0	1,7
Дюкеры стальные водопроводные	4,1	4,0	0,1
Сооружения канализации			
Канализационные насосные станции заглуб-ленные, совмещенные с приемными резервуа-рами	3,8	2,0	1,8
Песколовки (с гидроэлеватором):			
железобетонные (горизонтальные и вер-тикальные)	4,3	2,0	2,3
кирпичные (горизонтальные)	11,4	6,7	4,7
Нефтеловушки	9,7	6,7	3,0
Отстойники (первичные и вторичные):			
железобетонные горизонтальные	9,3	2,0	7,3
железобетонные вертикальные и двухъ-ярусные	3,6	2,0	1,6
кирпичные	8,9	6,7	2,2
Биофильтры и аэрофильтры:			
кирпичные	10,2	6,7	3,5
железобетонные	7,9	5,0	2,9
Аэротенки железобетонные	3,6	2,0	1,6
Поля орошения и поля фильтрации	9,3	5,0	4,3
Метантенки (с гидроэлеватором):			
железобетонные	3,4	2,0	1,4
металлические	4,1	2,5	1,6
Иловые площадки с основаниями:			
естественным	30,0	10,0	20,0
искусственным	11,9	5,0	6,9
Песковые площадки с искусственным осно-ванием	13,6	6,7	6,9

Группы и основные виды фондов	Общая норма амортизационных отчислений	В том числе	
		на полное восстановление	на капитальный ремонт
Выпуски (канализационные):			
береговые	5,0	2,5	2,5
русловые	6,1	5,0	1,1
Дюкеры канализационные (с камерами)	5,3	4,0	1,3
Сооружения газового хозяйства			
Подземные металлические емкости для хранения сжиженного газа для городского газоснабжения	3,2	2,2	1,0
Надземные газгольдеры и металлические емкости для хранения сжиженного газа на газораздаточных станциях	2,3	1,8	0,5
Трубопроводы			
Газопроводы:			
чугунные (с раструбами)	4,4	1,7	2,7
стальные и сооружения на них (без учета оборудования газорегуляторных пунктов)	3,3	2,5	0,8
из неметаллических труб	2,6	2,0	0,6
Канализационные сети (коллекторы и уличная сеть с колодцами и арматурой):			
керамические	3,3	2,5	0,8
железобетонные и бетонные	5,8	5,0	0,8
асбестоцементные	4,4	3,3	1,1
кирпичные	7,7	6,7	1,0
чугунные	2,9	2,0	0,9
стальные	5,3	4,0	1,3
Сети водопроводные (с колодцами, колонками, гидрантами и прочим оборудованием), включая водоводы:			
асбестоцементные, стальные	5,5	5,0	0,5
чугунные	2,4	1,7	0,7
железобетонные	4,0	3,3	0,7
Илопроводы:			
чугунные	2,6	2,0	0,6
стальные	5,5	5,0	0,5
асбестоцементные	4,2	3,3	0,9
Оборудование			
Электродвигатели мощностью, кВт:			
до 100	12,6	9,5	3,1
более 100	8,1	5,3	2,8
Компрессоры поршневые общего назначения давлением до 0,9 МПа производительностью, $м^3$/мин:			
до 20	12,6	6,7	5,9
более 20	9,5	5,5	4,0

Группы и основные виды фондов	Общая норма амортизационных отчислений	В том числе	
		на полное восстановление	на капитальный ремонт
Компрессоры специальные (воздушные) давлением более 0,9 МПа	8,7	5,0	3,7
Трубокомпрессоры, газодувки, воздуходувки	6,4	4,0	2,4
Насосы:			
центробежные водопроводные	19,3	12,5	6,8
погружные	22,5	17,5	5,0
канализационные	27,9	12,5	15,4
для перекачки жидкостей, корродирующих металл	43,3	33,3	10,0
объемные, шестеренчатые, поршневые	18,0	13,0	5,0
вакуумные	10,1	8,2	1,9
Оборудование для наполнения баллонов сжиженным газом	11,1	10,0	1,1
Оборудование для освидетельствования и ремонта баллонов для сжиженного газа	10,1	9,1	1,0
Оборудование для наполнения автоцистерн сжиженным газом	6,5	6,5	—
Дробилки, грабли механические, решетки, шиберы	34,6	20,0	14,6
Задвижки на насосных станциях, затворы щитовые, шандорные, шиберные	21,3	20,0	1,3
Илососы для канализационных отстойников	5,5	5,0	0,5
Хлораторы (аммонизаторы)	50,0	50,0	—
Фильтры кварцевые и катионитовые	11,6	6,7	4,9
Дозаторы реагентов	46,8	33,4	13,4
Бактерицидные установки	12,7	10,0	2,7
Лабораторное оборудование и приборы	20,0	20,0	—
Контрольно-измерительная аппаратура связи, сигнализации, централизации и блокировки:			
стационарная	8,5	6,7	1,8
переносная	14,2	12,5	1,7
Оборудование автоблокировки	6,3	4,0	2,3
Полуавтоматическая блокировка	4,6	3,3	1,3

Примечание. При эксплуатации производственных зданий в условиях агрессивных сред и увлажненности к норме амортизационных отчислений на капитальный ремонт применяется коэффициент 1,5.

эффициент выполнения норм выработки; $T_{эф}$ — эффективный (полезный) фонд рабочего времени одного рабочего, определяемый по плановому балансу рабочего времени, ч.

Численность рабочих по рабочим местам определяется по формуле

$$Ч = М \cdot Г \cdot С / T_{эф}, \qquad (9.4)$$

где М — число рабочих мест; Г — количество дней функционирования рабочего места в год; С — количество часов функционирования рабочего места в течение суток.

Состав планового фонда заработной платы показан в табл. 9.5, часовые тарифные ставки рабочих водопроводно-канализационного

Таблица 9.5. Состав планового фонда заработной платы

Основная заработная плата	Тарифный фонд Доплаты по сдельно-прогрессивным расценкам Доплата за работу в ночное время Доплата за работу в праздничные дни Планируемые премии * Доплата бригадирам за руководство бригадой Доплата за обучение учеников Другие доплаты, установленные законом	Часовой фонд заработной платы	Дневной фонд заработной платы	Месячный фонд заработной платы
Дополнительная заработная плата	Оплата перерывов для кормящих матерей Оплата подросткам за льготные часы	Доплата до дневного фонда		—
	Оплата очередных и дополнительных отпусков Выходные пособия при увольнении Оплата невыходов, связанных с выполнением государственных и общественных обязанностей Стоимость бесплатных коммунальных услуг и натуральных выдач Прочие выплаты, входящие в состав планового фонда заработной платы		Доплата до месячного фонда	

* Премии включаются только в состав фонда заработной платы рабочих.

и газового хозяйства — в табл. 9.6. Удельные нормативные затраты рабочего времени на эксплуатацию водопроводно-канализационного хозяйства приведены в табл. 9.7—9.22.*

Транспортные расходы. Планируются и учитываются в виде отдельной статьи прямых расходов на предприятиях газового хозяйства. На предприятиях, снабжающих абонентов сетевым газом, в этой статье отражается плата за услуги транспортной организации, представляющей в распоряжение аварийно-диспетчерской службы специальные автомобили. Если автомобили специального назначения находятся в ведении аварийно-диспетчерской службы, то в транспортных расходах показывается стоимость их эксплуатации, определяемая по общепринятой форме калькуляции автотранспортных перевозок.

На предприятиях, снабжающих абонентов сжиженным газом, составляется специальная смета на его транспортирование. В ней предусматриваются следующие статьи расходов:

1. Стоимость доставки газа от места его добычи до газораздаточной станции (газонаполнительной станции):

оплата на перевозку газа в цистернах по железной дороге;

* Разработаны Центральной нормативно-исследовательской станцией (ЦНИС) МЖКХ РСФСР.

Таблица 9.6. Часовые тарифные ставки (коп.) рабочих водопроводно-канализационного и газового хозяйства *

Дифференциация рабочих по форме оплаты труда	Разряды					
	I	II	III	IV	V	VI
Рабочие водопроводно-канализационного хозяйства						
На работах с нормальными условиями труда						
Повременщики	40,4	44,0	47,9	53,0	59,6	69,3
Сдельщики	43,3	47,1	51,2	56,6	63,7	74,2
На работах с тяжелыми и вредными условиими труда						
Повременщики	45,5	49,5	53,9	59,6	67,0	78,0
Сдельщики	48,7	53,0	57,6	63,7	71,7	83,3
Рабочие газового хозяйства						
На работах с нормальными условиями труда						
Повременщики	41,8	45,5	50,3	55,7	62,7	71,7
Сдельщики	44,7	48,7	53,9	59,6	67,0	76,7
На работах с тяжелыми и вредиыми условиями труда						
Повременщики	47,1	51,2	56,6	62,7	70,5	80,7
Сдельщики	50,3	54,8	60,6	67,0	75,4	86,3
На работах с особо тяжелыми и особо вредными условиями труда						
Повременщики	52,1	56,6	62,7	69,3	78,0	89,3
Сдельщики	55,7	60,6	67,0	74,2	83,5	95,5

* Утверждены приказом МЖКХ РСФСР № 42 от 31.01.73.

то же, в автоцистернах;
оплата за пользование вагоном для сопровождения железнодорожных цистерн;
заработная плата проводников-слесарей;
оплата суточных проводникам;
содержание и текущий ремонт подъездного пути.
2. Стоимость доставки газа абонентам:
а) автоцистернами:
заработная плата водителей и сливщиков газа;
профилактическое обслуживание и ремонт автоцистерн;
горючее;
смазочные и обтирочные материалы;
износ и возобновление авторезины;
амортизация автоцистерн;

Таблица 9.7. Обслуживание водопроводных насосных станций

Число обслуживаемых насосных станций	Трудоемкость обслуживания, нормо-ч·г, насосных станций производительностью, тыс. м³/сут					Примечание
	до 15	16—50	51—150	151—300	свыше 300	
1	7 923	10 217	11 051	12 093	13 344	При одновременном обслуживании совмещенных насосных станций одним и тем же персоналом трудоемкость обслуживания определяется по суммарной производительности станций
2	11 092	14 303	15 471	16 930	18 682	
3	15 054	19 411	20 996	22 977	25 354	

Таблица 9.8. Обслуживание водозаборов подземных вод

Число обслуживаемых скважин (работающих)	Трудоемкость обслуживания одной скважины (при радиусе расположения от насосной станции свыше 500 м), нормо-ч·г	Примечание
1	7 506	При числе скважин более 15 на обслуживание каждой последующей скважины трудоемкость увеличивается на 1147 нормо-ч·г
2—4	9 591	
5—10	11 676	
11—15	16 680	

Таблица 9.9. Обслуживание агрегатов подкачки воды

Число одновременно обслуживаемых агрегатов подкачки	Трудоемкость обслуживания указанного числа агрегатов подкачки, нормо-ч·г
До 3	7505
Свыше 3	8132

Таблица 9.10. Обслуживание водопроводной сети

Протяженность водопроводной сети	Трудоемкость обслуживания 1 км сети, нормо-ч·г	Примечание
До 500 Свыше 500	337 На каждый последующий километр сети трудоемкость обслуживания увеличивается на 229 нормо-ч·г	При обслуживании сетей в особых климатических условиях зимы (города Крайнего Севера и Сибири), а также сетей с повышенной степенью засоряемости к нормативам численности могут применяться поправочные коэффициенты, которые устанавливаются на местах вышестоящими организациями в зависимости от конкретных условий эксплуатации сетей

Таблица 9.11. Обслуживание водопроводных очистных сооружений

Производительность очистных сооружений, тыс. м³/сут	Трудоемкость обслуживания одного элемента в очистных сооружениях, нормо-ч·г			
	смесители, камеры реакции, отстойники, осветлители, фильтры	хлораторные установки	цех приготовления и дозирования реагентов	компрессорные установки
До 10	7 506	7 923	7 506	—
11—50	9 800	9 800	9 800	4170
51—100	12 719	11 676	13 344	5004
101—150	15 846	13 553	15 221	5838
151—200	20 642	14 595	18 348	6672
201—250	25 854	15 846	19 182	7506
251—300	30 441	17 097	19 808	8340
301—400	35 028	17 723	20 433	9383
Свыше 400 на каждые 100 тыс·м³/сут добавляется	3 962	626	209	417

Таблица 9.12. Контроль и учет расхода воды

Виды контроля и учета расхода воды	Единица обслуживания	Трудоемкость обслуживания единицы, нормо-ч·г
Ежемесячная съемка показаний водомеров:		
в жилых домах и домоуправлениях	Водомер	5,2
в жилых домах частного сектора	»	3,5
на предприятиях, организациях, учреждениях	»	8
Безводомерный учет расхода воды (при оплате по счетам)	Абонент	1,4

Таблица 9.13. Отбор проб для анализа воды

Среднесуточная подача воды в сеть, тыс. м³	Трудоемкость отбора проб, нормо-ч·г	Среднесуточная подача воды в сеть, тыс. м³	Трудоемкость отбора проб, нормо-ч·г
До 50	2085	201—400	8 340
51—100	4170	401—700	10 425
101—200	6255	Свыше 700	12 510

Таблица 9.14. Обслуживание сооружений для хранения и запаса воды

Сооружение	Трудоемкость обслуживания одного сооружения, нормо-ч·г	Примечание
Резервуары, башни, гидроколонны	2294	Для обслуживания каждого последующего сооружения трудоемкость увеличивают на 605 нормо-ч·г
Водозаборные будки	2085	

Таблица 9.15. Обслуживание гидротехнических сооружений

Сооружение	Трудоемкость обслуживания одного сооружения, нормо-ч·г
Плотина, водохранилище	6881
Каналы	7715 *
Трубопроводы	417 *

* На 10 км протяженности.

Таблица 9.16. Обслуживание пульта дистанционно-автоматического управления водопроводом

Среднесуточная подача воды в сеть, тыс. м³	Трудоемкость обслуживания одного пульта, нормо-ч·г
До 50	8 340
51—150	9 174
151—300	9 800
Свыше 300	10 425

Таблица 9.17. Обслуживание канализационных насосных станций

Число обслуживаемых насосных станций	Трудоемкость обслуживания, нормо-ч·г, насосных станций производительностью, тыс. м³/сут				
	до 15	16—50	51—150	151—300	свыше 300
1	7 506	8 340	10 425	12 510	14 595
2	11 409	12 677	15 846	19 015	22 184
3	16 213	18 014	22 518	27 022	31 525
4	18 765	20 850	26 063	31 275	36 488

Таблица 9.18. Обслуживание канализационной сети

Протяженность канализационной сети, км	Трудоемкость обслуживания 1 км сети, нормо-ч·г	Примечание
До 500 Свыше 500	354 На каждый последующий километр сети трудоемкость обслуживания увеличивается на 146 нормо-ч·г	При обслуживании сетей в особых климатических условиях зимы (города Крайнего Севера и Сибири), а также сетей с повышенной степенью засоряемости к нормативам численности могут применяться поправочные коэффициенты, устанавливаемые на местах вышестоящими организациями в зависимости от конкретных условий эксплуатации сетей

Таблица 9.19. Обслуживание канализационных очистных сооружений

Элементы очистных сооружений	Трудоемкость обслуживания, нормо-ч·г одного элемента очистных сооружений производительностью, тыс. м³/сут				
	до 15	16—50	51—150	151—300	свыше 300
Решетки с ручной очисткой	7506	7715	—	—	—
Решетки с механической очисткой	7506	7923	10 217	11 259	12 302
Песколовки	—	—	—	—	11 259
Песколовки, оборудованные гидроэлеватором	—	—	—	—	9 908
Песколовки и жироловки	5630	6672	7 923	8 549	11 259
Песколовки и жироловки, оборудованные гидроэлеватором	4954	5871	6 972	7 523	9 908
Двухъярусные отстойники (эмшеры)	7506	—	—	—	—
Первичные отстойники (горизонтальные, вертикальные, радиальные)	7298	8340	9 591	11 468	13 970
Вторичные отстойники (горизонтальные, вертикальные, радиальные)	6255	6672	7 715	8 549	9 591
Контактные резервуары	5421	5630	7 089	8 340	9 591
Метантенки	7506	8757	10 217	11 259	18 348
Биофильтры, аэрофильтры	7298	7298	—	—	—
Аэротенки	7715	8340	9 383	10 425	13 553
Иловые, песковые площадки	4796	6881	8 966	10 008	11 259
Установки для перекачки ила	7298	8340	9 383	10 425	11 885
Установки по обезвоживанию осадка	—	—	27 731	30 858	33 986
Установки по сушке осадка	—	—	9 174	14 178	19 182
Барабанные вращающиеся сушильные печи	—	—	9 174	9 383	9 591
Сооружения по уплотнению осадка (отстойники)	5315	5421	5 838	6 255	6 464

Элементы очистных сооружений	Трудоемкость обслуживания, нормо-ч·г одного элемента очистных сооружений производительностью, тыс. м³/сут				
	до 15	16—50	51—150	151—300	свыше 300
Хлораторные установки при хлорировании:					
жидким хлором	7298	8132	9 800	12 093	14 595
хлорной известью	8549	9591	11 468	14 178	17 098
Компрессоры (воздуходувки)	7298	8340	9 383	10 425	11 468

Примечания: 1. Трудоемкость обслуживания оператором комплекса очистных сооружений производительностью до 500 м³/сут составляет 8340 нормо-ч·г. 2. При обслуживании оператором комплекса очистных сооружений производительностью 500—5000 м³/сут трудоемкость принимается по последней графе с коэффициентом 0,5.

Таблица 9.20. Обслуживание полей фильтрации

Площадь участков полей фильтрации, га	Трудоемкость обслуживания, нормо-ч·г	Примечание
До 15	4 796	За обслуживание каждых последующих 10 га участков полей фильтрации свыше 140 га трудоемкость увеличивается на 542 нормо-ч·г
16—20	6 672	
21—40	9 383	
41—60	12 093	
61—80	14 804	
81—100	17 514	
101—120	20 225	
121—140	22 935	

б) бортовыми и специальными автомобилями:
заработная плата водителей;
профилактическое обслуживание и ремонт автомобилей;
горючее;
смазочные и обтирочные материалы;
износ и возобновление авторезины;
амортизация автомобилей.

Оплата покупной воды. Оплата за полученный газ. Данные статьи отражают затраты предприятия на оплату воды или газа, получаемых со стороны, по действующим ценам.

Возмещение затрат на обслуживание внутридомовых сетей и устройств. По этой статье отражаются расходы, возмещаемые жилищно-эксплуатационным организациям на техническое обслуживание, планово-предупредительный и

Таблица 9.21. Обслуживание пульта дистанционно-автоматического управления канализацией

Среднесуточное количество отведенных сточных вод, тыс. м³	Трудоемкость обслуживания пульта, нормо-ч·г
До 50	8 340
51—150	9 174
151—300	9 800
Свыше 300	10 425

Таблица 9.22. Нормативная трудоемкость подачи воды и пропуска сточных вод для ИТР и служащих

Категории предприятия по этапам	Среднесуточный объем подачи воды и пропуска сточных вод, тыс. м³	Затраты труда на 1000 м³ среднесуточной подачи воды (пропуска сточных вод), нормо-ч·г
I	Свыше 700	2 074
II	401—700	2 705
III	201—400	2 944
IV	81—200	4 273
V	21—80	6 254
Вне категории	3—20	15 539

текущий ремонт сетей и устройств, находящихся внутри зданий. Определение сумм расходов производится исходя из размера жилой площади, обеспеченной соответствующим видом оборудования, и тарифов, утвержденных исполкомами местных Советов. В тех случаях, когда предприятия водопроводно-канализационного или газового хозяйства сами осуществляют техническое обслуживание внутридомовых сетей и устройств, расходы на эти работы включаются в соответствующие статьи прямых затрат.

Цеховые и общеэксплуатационные расходы. Представляют собой расходы по обслуживанию и управлению цехами и предприятием в целом. Они планируются и учитываются на основе специальных смет.

В смету цеховых расходов включаются:

заработная плата цехового персонала;

отчисления на социальное страхование;

расходы на текущий ремонт производственных сооружений и оборудования;

расходы на содержание и текущий ремонт зданий и инвентаря;

расходы по охране труда;

цеховые транспортные расходы;

возмещение затрат по износу малоценного и быстроизнашивающегося инвентаря и инструментов;

прочие цеховые расходы.

Смета общеэксплуатационных расходов учитывает административно-управленческие расходы, общехозяйственные расходы, сборы и отчисления.

1. Административно-управленческие расходы состоят из:

заработной платы административно-управленческого персонала;

отчислений на социальное страхование;

расходов по командировкам и перемещениям;

расходов по содержанию пожарной, военизированной и сторожевой охраны;

прочих расходов.

2. Общехозяйственные расходы состоят из:

расходов на содержание общеэксплуатационного персонала;
отчислений на социальное страхование;
расходов на содержание, текущий ремонт и амортизацию зданий и инвентаря общеэксплуатационного назначения;
расходов по охране труда;
расходов по проведению опытов, исследований, рационализаторству и изобретательству;
расходов по подготовке кадров;
прочих расходов.

3. Сборы и отчисления включают налоги, сборы и прочие обязательные отчисления.

Внеэксплуатационные расходы. Сюда относят затраты по технической пропаганде, отчисления предприятиям по технадзору и оргналадке, отчисления на содержание вышестоящей организации и др.

Глава II. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ

§ 9.3. План по фондам экономического стимулирования

На водопроводно-канализационных предприятиях и предприятиях газового хозяйства образуются три фонда экономического стимулирования: фонд материального поощрения, фонд социально-культурных мероприятий и жилищного строительства, фонд развития производства. Назначение и порядок образования перечисленных фондов показаны в табл. 9.23.

При недовыполнении плана по фондообразующим показателям отчисления от прибыли в фонды экономического стимулирования уменьшаются против плана. Размер уменьшения отчислений за недовыполненную часть плана определяется по нормативам, повышенным на 30 %. При перевыполнении плана по фондообразующим показателям дополнительные отчисления производятся в пределах полученной сверхплановой прибыли по пониженным на 30 % нормативам.

Пример. В плане годовые доходы от реализации продукции водопровода и услуг канализации населению, а также на коммунально-бытовые нужды предусмотрены в размере 1200 тыс. руб., а балансовая прибыль составляет 162 тыс. руб. Нормативы отчислений от прибыли установлены в размерах:

в фонд материального поощрения — 2,24 % от суммы доходов от реализации продукции и услуг населению и на коммунально-бытовые нужды и 16,6 % от общей суммы балансовой прибыли;

в фонд социально-культурных мероприятий и жилищного строительства — 30 % от фондов материального поощрения;

в фонд развития производства — соответственно 0,36 и 2,65 %.

Фактически получено доходов от реализации продукции и услуг населению, а также на коммунально-бытовые нужды на

Таблица 9.23. Назначение и порядок образования фондов экономического стимулирования

Наименование фонда	Назначение	Факторы образования фонда	Источники	Порядок отчислений
Фонд материального поощрения	Текущее премирование рабочих, ИТР, служащих и других работников в соответствии с типовыми положениями Единовременное поощрение особо отличившихся работников Вознаграждения по итогам года Премии по итогам социалистического соревнования внутри предприятия Оказание единовременной материальной помощи Оплата работникам очередных отпусков в части, соответствующей доле их средней заработной платы, выплачиваемой за счет фонда материального поощрения Премирование ветеранов труда за многолетнюю безупречную работу	Сумма доходов от реализации продукции (услуг) населению и за коммунально-бытовые услуги по действующим тарифам; общая сумма балансовой прибыли	Прибыль предприятия	По нормативам, установленным в процентах: к сумме доходов от реализации продукции (услуг) населению и на коммунально-бытовые нужды; к общей сумме балансовой прибыли
Фонд социально-культурных мероприятий и жилищного строительства	Улучшение культурно-бытового и медицинского обслуживания работников Строительство жилых домов и объектов культурно-бытового назначения	То же	То же	По стабильному нормативу в размере до 30 % к сумме фонда материального поощрения

Фонд развития производства	Финансирование капиталовложений по внедрению новой техники, механизации, автоматизации, модернизации оборудования, обновлению основных фондов, совершенствованию организации производства и труда, а также других капиталовложений по развитию и совершенствованию производства	Сумма доходов от реализации продукции (услуг) населению и за коммунально-бытовые услуги по действующим тарифам; общая сумма балансовой прибыли	Прибыль предприятия	По нормативам за те же показатели (факторы), что и фонд материального поощрения
			Часть амортизационных отчислений, предназначенных для полного восстановления основных фондов	По нормативам, установленным в процентах от суммы амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов
			Выручка от реализации выбывших основных фондов (за вычетом расходов, связанных с их реализацией)	Перечисляется полностью

Примечания: 1. В фонде материального поощрения, кроме отчислений от прибыли, учитываются также премии, выплачиваемые рабочим из фонда заработной платы, и поощрительные средства по специальным системам премирования, используемые по целевому назначению. 2. На предприятиях газового хозяйства сумма балансовой прибыли, учитываемая при определении размера фондов, определяется расчетом. 3. На предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства, переведенных в соответствии с планом МЖКХ РСФСР на условия планирования и экономического стимулирования рационального использования воды, норматив отчислений от прибыли в фонд материального поощрения по первому фондообразующему показателю принимается с корректировочным коэффициентом, учитывающим размер снижения доходов от реализации продукции (услуг) населению за счет планируемого сокращения потерь воды по сравнению с базисным годом; кроме того, второй фондообразующий показатель «сумма балансовой прибыли» заменяется на показатель «сумма расходов на основную производственно-эксплуатационную деятельность».

сумму 1320 тыс. руб. (I вариант) и 1100 тыс. руб. (II вариант); балансовая прибыль соответственно равна 192 и 132 тыс. руб.

Плановые отчисления от прибыли составят:

в фонд материального поощрения

$$1200 \cdot 0{,}0224 + 162 \cdot 0{,}166 = 53{,}8 \text{ тыс. руб.};$$

в фонд социально-культурных мероприятий и жилищного строительства

$$53{,}8 \cdot 0{,}3 = 16{,}1 \text{ тыс. руб.};$$

в фонд развития производства

$1200 \cdot 0{,}0036 + 162 \cdot 0{,}0265 = 8{,}6$ тыс. руб. или 16 % от фонда материального поощрения.

Фактические отчисления от прибыли составят:

в фонд материального поощрения

I вариант: $53{,}8 + (1320 - 1200) \cdot 0{,}0224 \cdot 07 + (192 - 162) \cdot 0{,}166 \cdot 0{,}7 = 59{,}2$ тыс. руб.

II вариант; $53{,}8 - (1200 - 1100) \cdot 0{,}0224 \cdot 1{,}3 + (162 - 132) \cdot 0{,}166 \cdot 1{,}3 = 44{,}4$ тыс. руб.;

в фонд социально-культурных мероприятий и жилищного строительства

I вариант: $59{,}2 \cdot 0{,}3 = 17{,}8$ тыс. руб.

II вариант: $44{,}4 \cdot 0{,}3 = 13{,}3$ тыс. руб;

в фонд развития производства

I вариант: $59{,}2 \cdot 0{,}16 = 9{,}5$ тыс. руб.

II вариант: $44{,}4 \cdot 0{,}16 = 7{,}1$ тыс. руб.

Независимо от выполнения плана по фондообразующим показателям отчисления в фонд материального поощрения предприятий водопроводно-канализационного хозяйства подлежат уменьшению при авариях на сооружениях и сетях по вине этих предприятий. Конкретные размеры понижения сумм отчислений устанавливаются министерствами жилищно-коммунального (коммунального) хозяйства союзных республик с участием соответствующих комитетов профсоюзов.

На предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства, переведенных по решению МЖКХ РСФСР на условия планирования и экономического стимулирования рационального использования воды, фактический размер отчислений от прибыли в фонды экономического стимулирования увеличивается при сокращении потерь воды у потребителей и снижении расходов по основной производственно-хозяйственной деятельности по сравнению с планом. За противоположные изменения вышеуказанных показателей размер отчислений от прибыли уменьшается.

По газовому хозяйству фактические начисления фонда материального поощрения производятся в пределах сумм, предусмо-

тренных в плане при условии обеспечения предприятиями и организациями этого хозяйства бесперебойного снабжения газом потребителей в пределах установленных лимитов (фондов) отпуска газа. При этом по указанным предприятиям и организациям не должно быть превышения сметы эксплуатационных расходов (без оплаты поставщикам за полученный газ).

Фонд материального поощрения может быть увеличен при экономии потребления газа от внедрения организационно-технических мероприятий и снижения потерь газа. При этом сумма средств, *направленных на увеличение фонда материального поощрения, не должна превышать 50 % достигнутой экономии.*

В случае перебоев в снабжении газом потребителей в пределах установленных лимитов (фондов) отпуска газа, перерасхода отпуска сверх установленных лимитов потребления газа промышленными потребителями, аварий по вине газосбытовых предприятий и превышения сметы эксплуатационных расходов фонд материального поощрения уменьшается.

Газосбытовым предприятиям при превышении квартальных фондов отпуска газа промышленным потребителям плановый размер фонда материального поощрения за каждые сутки, в которых было допущего превышение, понижается до 1 %.

Конкретные размеры увеличения (уменьшения) фонда материального поощрения устанавливаются министерствами жилищно-коммунального хозяйства союзных республик (республиканских главных управлений газового хозяйства) по согласованию с межведомственными комиссиями при госпланах союзных республик. При этом минимальный размер фонда материального поощрения не может быть ниже 40 % плановой суммы.

§ 9.4. Прибыль и ее распределение

Размер общей (балансовой) прибыли определяется в плане как сумма прибыли (убытков) от реализации продукции (услуг) основной деятельности, продукции вспомогательных производств и подсобных хозяйств, а также от планируемых внереализационных доходов и расходов. Распределение балансовой прибыли показано на схеме, приведенной ниже.

Предприятия, не обеспечивающие выполнение плана по прибыли, в первую очередь вносят в бюджет плату за производственные фонды и проценты за банковский кредит, затем производят соответствующие отчисления в фонды экономического стимулирования. Оставшаяся часть прибыли распределяется по другим направлениям пропорционально плановому размеру показателей.

Сверхплановая прибыль используется на дополнительные отчисления в фонды экономического стимулирования, выплату премий по итогам социалистического соревнования между предприятиями (всесоюзного, республиканского, областного, городского и т. п.), возмещение сверхплановых убытков от эксплуатации жилищно-

Балансовая прибыль
Платежи в бюджет
1 Плата за производственные фонды
2 Проценты за кредит банка
11 Свободный остаток прибыли
Отчисления в фонды экономического стимулирования
3 Фонд материального поощрения
4 Фонд социально-культурных мероприятий и жилищного строительства
5 Фонд развития производства
Покрытия плановых затрат предприятия
9 Финансирование централизованных капиталовложений
7 Погашение банковского кредита
8 Прирост собственных оборотных средств
6 Возмещение убытков от эксплуатации жилищного хозяйства и другие затраты, предусмотренные финансовым планом
10 Взносы вышестоящим органам в порядке перераспределения прибыли

коммунального хозяйства, погашение кредита, предоставляемого банком на временное восполнение недостаточности собственных оборотных средств, централизованные капиталовложения и некоторые другие цели в соответствии с указаниями Совета Министров СССР и Совета Министров союзных республик. Разница между общей суммой сверхплановой прибыли и указанными платежами направляется в бюджет в виде свободного остатка сверхплановой прибыли.

При отчислении в бюджет платы за производственные фонды учитывается, что предприятия водопроводно-канализационного и газового хозяйства освобождаются от платы за водопроводные, канализационные, газовые и тепловые сети, включая водоводы, канализационные коллекторы; водозаборные, очистные и другие головные сооружения водопровода, очистные сооружения канализации; производственные здания; сооружения, предназначенные для очистки воздушного бассейна от вредных отходов производства; зеленые насаждения и внешнее благоустройство, числящиеся на балансе предприятий в составе основных фондов. За остальные производственные фонды (основные фонды ремонтной базы, производственное оборудование, нормируемые оборотные средства и т. п.) плата вносится в размере 6 % от их среднегодовой стоимости.

§ 9.5. Эффективность организационно-технических мероприятий и премирование за изобретения и рационализаторские предложения

Эффективность организационно-технических мероприятий определяется социальными и экономическими показателями. К социальным показателям относятся: улучшение санитарно-технических, гигиенических и производственных условий труда работающих, техники безопасности, сокращение доли ручного труда, повышение уровня и качества обслуживания населения и др.

Показателем экономической эффективности служит годовой экономический эффект (годовая экономия) от внедрения мероприятия, определяемый по формуле

$$Э = (C_1 + E_н \cdot K_1) - (C_2 + E_н \cdot K_2), \qquad (9.5)$$

где C_1 — себестоимость годовой продукции (услуг) до проведения мероприятия, руб.; C_2 — то же, после проведения мероприятия; K_1 — капиталовложения или стоимость производственных фондов до проведения мероприятия, руб.; K_2 — то же, после проведения мероприятия; $E_н$ — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений: $E_н = 0{,}15$.

Организационно-технические мероприятия могут быть запланированы на основе изобретений и рационализаторских предложений. Выплата вознаграждений их авторам осуществляется в соответствии с «Положением об открытиях, изобретениях и ра-

Таблица 9.24. Размер вознаграждения за рационализаторские предложения

Сумма годовой экономии, руб.	Вознаграждение за рационализаторское предложеине
До 100	17 % экономии, но не менее 10 руб.
От 100 до 500	7 % » + 10 руб.
» 500 » 1 000	5 % » + 20 руб.
» 1 000 » 5 000	3 % » + 40 руб.
» 5 000 » 50 000	2 % » + 90 руб.
» 50 000 » 100 000	1 % » + 590 руб.
» 100 000 и выше	0,5 % » + 1090 руб.

ционализаторских предложениях», утвержденным Постановлением Совета Министров СССР № 584 от 21 августа 1973 г. и «Инструкцией о порядке выплаты вознаграждения за открытия, изобретения и рационализаторские предложения», утвержденной Госкомитетом Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий 15.01.74.

Вознаграждение за изобретение выплачивается автору в течение 5 лет с начала использования изобретения на предприятии в размере 2 % от суммы годовой экономии (годового экономического эффекта), полученной в каждом календарном году. Экономия каждого последующего года определяется в сравнении с данными года, предшествующего началу использования изобретения на данном предприятии; максимально допустимый размер вознаграждения за одно изобретение составляет 20 тыс. руб.

Размер вознаграждения за рационализаторские предложения определяется в зависимости от суммы годовой экономии, полученной в первом году использования предложения (первые 12 месяцев с начала использования), в соответствии с данными табл. 9.24.

Размер вознаграждения может быть увеличен при расширении объема применения рационализаторского предложения во втором году. В этом случае сумма годовой экономии и соответствующая ей сумма вознаграждения рассчитываются исходя из максимального объема использования предложения во втором году, а автору производится доплата вознаграждения.

Если рационализаторское предложение используется менее года, то размер вознаграждения учитывает период его фактического использования.

Размер вознаграждения за изобретения B_1 и рационализаторские предложения B_2, не создающие экономии, определяется по формулам:

$$B_1 = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot 20; \qquad (9.6)$$

$$B_2 = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot 10,$$

где K_1 — коэффициент достигнутого положительного эффекта (колеблется от 1 до 5); K_2 — коэффициент объема использования

(колеблется при расчете B_1 от 1 до 8, при расчете B_2 — от 1 до 10); K_3 — коэффициент сложности решенной технической задачи (колеблется при расчете B_1 от 1 до 6,25, при расчете B_2 — от 1 до 10); K_4 — коэффициент существенных отличий (колеблется от 1,25 до 4).

Конкретные значения коэффициентов регламентированы «Инструкцией по определению размера вознаграждения за изобретения и рационализаторские предложения, не создающие экономии», утвержденной Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий от 15.01.74.

Вознаграждение за изобретения и рационализаторские предложения, не создающие экономии, выплачивается единовременно в соответствии с полученной по расчету суммой, но не выше 20 тыс. руб. за изобретение и 5 тыс. руб. за рационализаторское предложение.

§ 9.6. Технико-экономическая оценка эффективности применения очистных сооружений

Исходные данные: производительность — 40 тыс. м³/сут, расход коагулянта — 50 мг/л, район — Коми АССР.

Для сравнения принимаются три варианта технологических схем подготовки воды: двухступенчатая очистка в отстойниках и фильтрах, одноступенчатая очистка на КО, двухступенчатая очистка на флотофильтрах. Сравнение и выбор оптимального варианта осуществляется по минимуму приведенных затрат $П_i$:

$$П_i = C_i + E_н K_i,$$

где С — эксплуатационные затраты по i-му варианту; K_i — капитальные затраты по i-му варианту, определяемые на основе укрупненных сметных норм или расчетом; $E_н$ — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, принимаемый для систем водоснабжения в районах Севера равным 0,008.

В расчетах приняты только капиталовложения и эксплуатационные расходы, различающиеся по вариантам. Капиталовложения в сооружения, которые применяются во всех трех вариантах и имеют приблизительно одинаковые строительные объемы, а также мало отличающиеся эксплуатационные расходы, в расчете не учитываются.

Расчет по варианту I

Капиталовложения K_1. За основу расчета принят типовой проект 901-3-59 на Q = 50 тыс. м³/сут с полной сметной стоимостью 892,64 тыс. руб., состоящей из стоимости строительно-монтажных работ (СМР) 786,05 тыс. руб. и стоимости оборудова-

ния 106,59 тыс. руб. Для производительности 40 тыс. м³/сут сметная стоимость определяется с помощью коэффициента пропорциональности, равного в данном случае 0,8. Полная сметная стоимость составит 892,64·0,8 = 714,11 тыс. руб., стоимость СМР — 786,05·0,8 = 628,84 тыс. руб., а стоимость оборудования — 106,59·0,8 = 85,27 тыс. руб.

Эксплуатационные расходы C_1. Они включают стоимость коагулянта $Э_1$, амортизационные отчисления $Э_2$, стоимость текущего ремонта $Э_3$ и прочие расходы $Э_4$. При определении этих величин получаются следующие значения расходов:

1. Стоимость коагулянта: $Э_1 = 1423{,}5 \cdot 55 = 78\,292{,}5$ руб. Она определяется исходя из годового расхода

$$Q'_к = D_к Q_в = 50 \cdot 40\,000 \cdot 365/(1000 \cdot 1000) = 730 \text{ т}$$

(с учетом водной части товарного коагулянта $Q_к = 730 \cdot 1{,}95 = 1423{,}5$ т) и стоимости 1 т его из расчета оптовой цены, заготовительно-складских расходов и стоимости транспортировки (55. руб.);

2. Амортизационные отчисления: $Э_2 = 628{,}84 \cdot 0{,}05 + 85{,}27 \times 0{,}11 = 40{,}82$ тыс. руб.;

3. Стоимость текущего ремонта: $Э_3 = 714{,}11 \cdot 0{,}01 = 7{,}14$ тыс. руб.;

4. Прочие расходы: $Э_4 = (78{,}24 + 7{,}14) \cdot 0{,}06 = 5{,}12$ тыс. руб.

Общие эксплуатационные расходы: $C_1 = 78{,}29 + 40{,}82 + 7{,}14 + 5{,}12 = 131{,}37$ тыс. руб.

Приведенные затраты $П_I = 131{,}37 + (7{,}14 \cdot 11 \cdot 0{,}08) = 188{,}5$ тыс. руб.

Расчет по варианту II

Капиталовложения K_{II}. За основу расчета принят типовой проект 901-3-57 на $Q = 40$ тыс. м³/сут с полной сметной стоимостью 633,63 тыс. руб., в том числе стоимостью СМР 370,95 тыс. руб. и стоимостью оборудования 122,68 тыс. руб.

Эксплуатационные расходы C_{II}. Они включают те же составляющие, что и в варианте I:

1. Стоимость коагулянта: $Э_1 = 78{,}29$ тыс. руб.;

2. Амортизационные отчисления: $Э_2 = 510{,}95 \cdot 0{,}05 + 122{,}68 \times 0{,}11 = 39{,}03$ тыс. руб.;

3. Стоимость текущего ремонта: $Э_3 = 633{,}53 \cdot 0{,}01 = 6{,}33$ тыс. руб.;

4. Прочие расходы: $Э_4 = (78{,}29 + 6{,}33) \cdot 0{,}06 = 5{,}07$ тыс. руб.

Суммарные эксплуатационные расходы по варианту II: $C_{II} = 78{,}29 + 39{,}03 + 6{,}33 + 5{,}07 = 128{,}72$ тыс. руб.

Приведенные затраты $П_{II} = 128{,}72 + (633{,}63 \cdot 0{,}08) = 179{,}10$ тыс. руб.

Расчет по варианту III

Капиталовложения K_{III}. Под флотофильтры переоборудуются фильтры станции обезжелезивания со скоростью фильтрования 4—6 м/ч (типовой проект 961-3-49). Полная сметная стоимость по проекту составляет 416,94 тыс. руб., она включает стоимость СМР 315,96 тыс. руб. и стоимость оборудования 100,98 тыс. руб.

В состав типового проекта входит насосная станция II подъема полузаглубленная с размерами в плане 12×36. Стоимость ее составляет 123,25 тыс. руб. (стоимость СМР — 61,45 тыс. руб., стоимость оборудования — 61,8 тыс. руб.).

Принятый за основу типовой проект не имеет реагентного хозяйства, поэтому в капитальных затратах учитывают его стоимость, принимаемую по типовому проекту 4-18-824. В общей сметной стоимости 223 тыс. руб. стоимость СМР составляет 151 тыс. руб., а стоимость оборудования — 72 тыс. руб.

Технологическая схема рассматриваемого варианта должна иметь напорный резервуар, рассчитываемый на 2-минутное пребывание 10 %-ного объема очищаемой воды (60 м³). Стоимость такого резервуара (оборудования) составляет 1,7 тыс. руб.

Капиталовложения включают также стоимости:

системы водовоздушных распределительных трубопроводов (l = 600 мм и d = 100 мм) с перфорацией 2 тыс. руб.;

изготовления деревянных лотков флотаторов площадью 180 м² (стоимость 1 м² равна 3,08 руб.) — 0,54 тыс. руб.;

дополнительных насосов для подачи воды в напорный резервуар — 2,7 тыс. руб.

С учетом внесенных изменений в принятом проекте общие строительные затраты составляют: 315,96 — 61,45 + 151 + 2 + + 0,54 = 408,05 тыс. руб.

Стоимость оборудования: 100,98 — 61,8 + 72 + 1,7 = = 112,88 тыс. руб.

Капитальные затраты по варианту III: K_{III} = 408,05 + + 112,88 = 520,93 тыс. руб.

Эксплуатационные расходы C_{III}. Они включают те же составляющие, что и в вариантах I и II.

1. Стоимость коагулянта при средней дозе 40 мг/л: $Э_1$ = = 40·40 000·365/(1000·1000)·1,95·55 = 62,6 тыс. руб.;

2. Амортизационные отчисления: $Э_2$ = 408,05·0,05 + 112,88× × 0,11 = 32,8 тыс. руб.;

3. Стоимость текущего ремонта: $Э_3$ = 520,93·0,01 = = 5,2 тыс. руб.;

4. Стоимость электроэнергии на приготовление водовоздушной смеси.

Последняя определяется по количеству затрачиваемой энергии

$$N = Q_p H k/(102\eta_н) = 45 \cdot 50 \cdot 1{,}2/(102 \cdot 0{,}62) = 43 \text{ кВт},$$

Таблица 9.25. Сводная таблица затрат по вариантам, тыс. руб.

Рассматриваемые схемы	Капиталовложения K_i	Эксплуатационные затраты C_i	Приведенные затраты $П_i$
Вариант I	714,11	131,37	188,5
Вариант II	616,53	127,71	177,03
Вариант III	520,93	108,21	149,88

где $Q_р$ — подача воды насосом (45 л/с); Н — полный напор насоса (50 м вод. ст.); $\eta_н$ — КПД насоса; k — коэффициент запаса мощности.

Годовой расход электроэнергии вычисляется по формуле

$$A = P_{расч} t/\eta_{эл},$$

где $P_{расч}$ — расчетная (по каталогу) мощность электродвигателя; t — количество часов работы электродвигателя в год; $\eta_{эл}$ — КПД электродвигателя, зависящий от мощности: $\eta_{эл} = 0{,}91$.

Стоимость электроэнергии по двухступенчатому тарифу: $Э_4 = 43 \cdot 27{,}6 + 17\,200 \cdot 0{,}149 = 3{,}54$ тыс. руб.

5. Прочие расходы: $Э_5 = 67{,}8 \cdot 0{,}06 = 4{,}07$ тыс. руб.

Суммарные эксплуатационные расходы по варианту III: $C_{III} = 626 + 32{,}8 + 5{,}2 + 3{,}54 + 4{,}07 = 108{,}21$ тыс. руб.

Приведенные затраты $П_{III}$. Они составляют: $П_{III} = 108{,}21 + (520{,}93 \cdot 0{,}08) = 149{,}88$ тыс. руб.

Для удобства сравнения полученные результаты сведены в таблицу (табл. 9.25).

Экономичность технологической схемы очистки, включающей флотофильтры, подтверждается себестоимостью очистки 1 м^3, которая определяется как отношение годовых эксплуатационных затрат к годовой производительности станции водоочистки.

Расчет себестоимости очистки воды по варианту I

1. Расходы на зарплату и социальное страхование определяются по паспортному (типовому проекту) количеству рабочих (28 человек) и ИТР (2 человека). Годовой фонд зарплаты составляет $1720 \cdot 2 + 1580 \cdot 28 = 47{,}68$ тыс. руб. Тогда отчисления на социальное страхование составят $47{,}68 \cdot 0{,}08 = 3{,}81$ тыс. руб.

Суммарная стоимость: $Э_1 = 47{,}68 + 3{,}81 = 51{,}49$ тыс. руб.

2. Стоимость коагулянта определена ранее (78,29 тыс. руб.). Стоимость хлора при средней дозе 3 мг/л, принятой во всех сравниваемых вариантах, составляет 3,6 тыс. руб. Общая стоимость реагентов: $Э_2 = 78{,}29 + 3{,}6 = 81{,}89$ тыс. руб.

3. Стоимость электроэнергии находится из расчета, что для приготовления и дозирования реагентов необходимы четыре насоса с электродвигателями мощностью 17 кВт (2 рабочих и 2 резервных рабочих). Стоимость электроэнергии: $34 \cdot 365 \cdot 6/(4 \times 0{,}9) \cdot 0{,}149 = 3{,}08$.

Плата за установленную мощность: $34 \cdot 0{,}276 = 0{,}94$ тыс. руб.

Стоимость электроэнергии: $Э_3 = 3,08 + 0,94 = 4,02$ тыс. руб.

4. Стоимость тепловой энергии, затрачиваемой на отопление зданий, при тарифе 5,4 руб. за 1 Гкал и расходе тепла 260 тыс. ккал·ч (согласно типовому проекту): $Э_4 = 0,26 \cdot 24 \times \times 365 \cdot 5,4 = 12,2$ тыс. руб.

5. Стоимость воды на собственные нужды (по типовому проекту расход воды составляет 2500 м³/сут) при тарифе 10 коп. за 1 м³ (г. Сыктывкар): $Э_5 = 2500 \cdot 365 \cdot 0,1 = 91,25$ тыс. руб.

6. Стоимость текущего ремонта: $Э_6 = 7,14$ тыс. руб.

7. Прочие расходы: $Э_7 = 5,12$ тыс. руб.

8. При определении амортизационных отчислений, кроме отчислений по сооружениям очистки, приведенных в предыдущем расчете, необходимо учесть отчисления по зданию хлораторной производительностью 10 кг хлора в 1 ч (ТП 901-3-15—70). Сметная стоимость хлораторной составляет 48,52 тыс. руб., в том числе стоимость СМР 38,84 тыс. руб. и стоимость оборудования 9,68 тыс. руб.

С учетом сказанного отчисления составят $38,14 \cdot 0,5 + 9,68 \times \times 0,11 = 3,0$ тыс. руб.

Общие амортизационные отчисления: $Э_8 = 40,82 + 3,0 = = 43,82$ тыс. руб.

Суммарные эксплуатационные затраты по варианту I: $C_I = = 296,93$ тыс. руб.

Себестоимость очистки 1 м³ воды: $296\,930/(40\,000 \cdot 365) = = 0,0203$ руб.

Расчет себестоимости очистки воды по варианту II

1. Расходы на зарплату и социальное страхование определяются по паспортному (типовому проекту) количеству рабочих (30 человек) и ИТР (6 человек). Годовой фонд зарплаты $1760 \cdot 6 + + 1580 \cdot 30 = 5732$ тыс. руб.

С учетом социальных страхований: $Э_1 = 57,32 + 57,32 \cdot 0,08 = = 61,91$ тыс. руб.

2. Стоимость реагентов: $Э_2 = 81,89$ тыс. руб.

3. Стоимость электроэнергии: $Э_3 = 4,02$ тыс. руб.

4. Стоимость тепловой энергии при расходе тепла по типовому проекту, равном 191 тыс. ккал/ч: $Э_4 = 0,191 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 5,4 = = 8,7$ тыс. руб.

5. Стоимость расхода воды (5200 м³/сут) на собственные нужды: $Э_5 = 5200 \cdot 365 \cdot 0,1 = 189,8$ тыс. руб.

6. Стоимость текущего ремонта: $Э_6 = 6,17$ тыс. руб.

7. Прочие расходы: $Э_7 = 5,07$ тыс. руб.

8. Амортизационные отчисления: $Э_8 = 38,18 + 3,0 = = 41,18$ тыс. руб.

9. Суммарные эксплуатационные расходы по варианту II: $C_{II} = 381,14$ тыс. руб.

Себестоимость очистки 1 м³ воды: $381\,140/(40\,000 \cdot 365) = = 0,0261$ руб.

Расчет себестоимости очистки воды по варианту III

1. Расход на зарплату и социальное страхование принимается равным расходу по варианту II: $Э_1 = 61{,}91$ тыс. руб.

2. Стоимость реагентов состоит из стоимости коагулянта (62,6 тыс. руб.) и стоимости хлора (3,6 тыс. руб.): $Э_2 = 62{,}6 + 3{,}6 = 66{,}2$ тыс. руб.

3. Стоимость электроэнергии, расходуемой на приготовление и дозирование реагентов, принимаем такой же, как в прежних вариантах, — 3,08 тыс. руб. Стоимость электроэнергии для приготовления водовоздушного раствора определена в предыдущем расчете и для данного варианта составляет 2,36 тыс. руб.

Суммарная плата за установленную мощность: $(43 - 34) \times 27{,}6 = 2{,}12$ тыс. руб.

Суммарный расход на электроэнергию: $Э_3 = 2{,}36 + 3{,}08 + 2{,}12 = 7{,}56$ тыс. руб.

4. Стоимость тепловой энергии: $Э_4 = 0{,}26 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 5{,}4 = 12{,}2$ тыс. руб.

5. Стоимость расхода воды на собственные нужды: $Э_5 = 1960 \cdot 365 \cdot 0{,}1 = 71{,}54$ тыс. руб.

6. Стоимость текущего ремонта: $Э_6 = 5{,}2$ тыс. руб.

7. Прочие расходы: $Э_7 = 8{,}68$ тыс. руб.

8. Амортизационные отчисления: $Э_8 = 32{,}8 + 3{,}0 = 35{,}8$ тыс. руб.

Суммарные эксплуатационные расходы по варианту III: $С_{III} = 275{,}09$ тыс. руб.

Себестоимость очистки 1 м³: $275\,090/(40\,000 \cdot 365) = 0{,}0188$ руб.

Таким образом, технологические схемы с флотофильтрами являются экономичными и наиболее эффективными.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В решениях XXVII съезда КПСС была поставлена задача постоянной экономии ресурсов в народном хозяйстве, что является основной причиной усиления научно-технического прогресса и совершенствования существующих технологий. С этой задачей непосредственно связаны проблемы повышения производительности труда и качества продукции, внедрения ресурсосберегающих технологий, снижения потерь и нерационального расходования материальных и энергетических ресурсов.

Названные задачи в равной степени относятся к рассматриваемым в книге системам водоснабжения, водоотведения и газоснабжения. Их функционирование связано с проведением миожества осиовных и вспомогательных операций: установлением и внедрением оптимальных режимов работы всего комплекса сооружений с одновременным достижением полного и бесперебойного обеспечения потребителей водой и газом и своевременным отведеиием от них загрязненных вод; разгрузкой, перемещеиием и приготов-

лением реагентов; приготовлением фильтрующих материалов и их загрузкой в сооружения; обслуживанием (эксплуатацией) и ремонтом самого разнообразного оборудования; предотвращением и ликвидацией аварий на водоводах, коллекторах, сетях, газопроводах и т. п.

Водоснабжение и канализация являются крупнейшими отраслями жилищно-коммунального хозяйства страны. На их долю приходится значительная часть основных фондов, и от того, на каком уровне названные системы будут эксплуатироваться, зависит решение не только экономических, но и социальных вопросов, непосредственно связанных с благосостоянием населения.

Обеспечение населения достаточным количеством доброкачественной питьевой воды является важнейшей социальной задачей в большинстве стран мира, в том числе и в СССР. Производство питьевой воды с высокой *санитарной надежностью* становится все более сложной проблемой, требующей решения задач по улучшению физических, химических и биологических показателей воды. Решение этой задачи под силу только высококвалифицированному, разносторонне образованному инженерно-техническому персоналу.

Максимальное обеспечение городского и сельского населения централизованным водоснабжением, водоотведением и газоснабжением в условиях обострения проблемы трудовых ресурсов может быть решено только за счет комплексной *механизации и автоматизации* трудоемких процессов. Отсюда возникает необходимость создания соответствующих машин и механизмов, средств автоматизации и контрольно-измерительных приборов, подлежащих серийному производству, а также их постоянного совершенствования. С этой проблемой связана и другая проблема — подготовка квалифицированного обслуживающего персонала, имеющего более высокий технический и общеобразовательный уровень, чем это имеет место в настоящее время.

Развитие систем отведения и очистки сточных вод ведется в направлении применения интенсивных технологий, высокопроизводительных средств и сооружений, требующих изменения подхода к их эксплуатации. Возможности автоматизированных систем управления открывают перспективу непрерывной динамической оптимизации отдельных узлов и сооружений в целом. Становится необходимой информация о надежности систем и сооружений, об оценке их способности к восприятию значительных колебаний расхода и концентрации сточных вод, о влиянии сезонных изменений на ход очистки и доочистки. Накопление такой информации и ее математическая обработка с целью применения в АСУ представляют собой важную задачу ближайшего будущего.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Автотрофные процессы 200
Агломерация частиц 209
Активный ил 209
Алюминат натрия 112
Алюминий хлористый 112
Алюминия оксихлорид 112
Алюминия сульфат 112, 142, 147
Амортизация 343
Аноды 99
Аэрация воды 201, 214
Аэраторы 214

Б

Батометр 126
Безотказность 24
Биогаз 221
Биологические обрастания 72
Биологические пруды 200
Биопленка 202
Биофильтры капельные 202
  высоконагружаемые 205
Биохимическая потребность кислорода (БПК) 185, 187, 200, 205, 209
Биоценоз микроорганизмов почвы 198
Биосульфат натрия 70
Битумная мастика 338

В

Вакуум-насосы 262, 263
Вакуум-фильтры 229, 245, 247
Вентиляторы 244, 306
Вероятность безотказной работы 25
Вероятность восстановления 28
Взвешенный фильтр 222
Водоводы 13, 73, 83, 88
Воздуходувки 244, 247
Врезка 311
Время наработки 26

Г

Газодувки 245
Газы горючие 291, 293, 294, 323, 324, 325
Гидравлическая крупность 189, 192
  прочистка 166
Гидравлические испытания 72, 104
Гидравлический удар 83, 96
  затвор 310, 333
Гидродинамическая прочистка 166, 187
Гидромеханическое удаление песка 191
Гидрометрические вертушки 163
Гидроциклоны 113
Гидроэлеваторы 191
Горелые породы 150
Грунтовка 338
Гуминовые вещества 140

Д

Дегидрогеназная активность 209
Дезинфекция 71, 72
Депрессанты 220
Детонирующий шнур 70
Дефектоскопия 160
Дзета-потеициал 196, 225, 227
Дисперсия 194
Диспетчерский пункт 188
Долговечность 24
Доломит обожженный 142
Донные отложения 201
Дробилки 188
Дренажные воды 199
Дюкеры 77, 178

Ж

Железа сульфат 112, 142, 147
Железо хлорное 112, 142, 147, 240
Железобактерии 74
Желонки 67, 68

З

Закон нормальный 34
  распределения 32
  экспоненциальный 33
Зоны санитарной охраны 9, 10, 11, 12, 13

И

Известковое молоко 113
Известь гашеная 112, 147
Иловый индекс 210
Ингибирование 69, 70, 211
Индикаторные микроорганизмы 211
Интенсивность отказов 25, 33

К

Кавитация 61
Калькуляционные единицы 340, 341
  статьи 342
Каптаж 63, 72
Катодная защита 301, 302
Картон асбестовый 337
  прокладочный 336
Кинетика осаждения 192
Кольматация 72, 198
Консервация 64
Контрольные испытания 88—93
Координатные таблички 159
Коррелятор 96
Коррозия 65, 76, 85, 98, 100, 293, 298, 301, 319, 331, 337
Коэффициент готовности 31
  восстановления 31
  оперативной готовности 31
  объемного использования 189, 194
  простоя 31
  профилактики 31
  технического использования 31
Коагулянты 225, 227, 344
Кривая отклика 194
Критерий Кемпа 189, 191
Купорос медный 55

Л

Льдообразование 61

М

Магния оксихлорид 142
Магнетит 149
Магнитный железняк 149
Манометрическая съемка 89
Машины по обслуживанию 153
  для прочистки 166
Медь 137
Мел 139
Метаболизм 211
Метантенки 219
Механическая прочистка 169
Мрамор 139

Н

Накладные расходы внеэксплуатационные 359
  общеэксплуатационные 358, 359
  цеховые 358
Наработка времени 26, 32
Насосы 39, 245, 258
Насосные станции 14
Натрий едкий 139, 147
Нитрификация 206, 210
Низшие жирные кислоты 220
Нитчатые бактерии 212
Намораживание 200
Нашатырный спирт 135
Нефть 186, 203

О

Озон 112
Окислительная способность 215
Ординарность 36
Осветлители-перегниватели 215
Отказы 29, 30
Отстойники 125, 197
Отстойники вторичные 203, 217, 218
  двухъярусные 223
  первичные 192
  полочные 129, 187, 197

П

Паронит 336
Песколовки 188
Плавиковая кислота 69
Планово-предупредительные ремонты и осмотры (ППО, ППР) 6, 57, 74, 123, 130, 254, 275, 281, 309
Первая помощь 326
Поваренная соль 147
Полиакриламид (ППА) 112
Поля орошения 14
Поля фильтрации 14, 198
Порог чувствительности 314
Поверхностные источники воды 9, 54, 57
Поверхностный сток 182
Подземные источники воды 63
Поток отказов 26
Предельно допустимые концентрации (ПДК) 183
Протекторная защита 301, 302
Профилактическое обслуживание 49
Противогаз 134, 135, 173, 325, 330
Пруды 14

Р

«Расхаживание» 283
Реагенты 112, 114, 120, 344
Регенерация активного ила 209, 212
Резервирование 42, 43
Режимы коагуляции 146
Ремонтное обслуживание 49
Ремонтопригодность 24, 32
Ресурс средний 27
  назначенный 28
  процентный 28
Решетки 187
Рециркуляция очищенной воды 203

С

Сейсмостанции 176
Сепараторы 187
Серебро 137
Склады 118
Смесители 106, 107, 122
Сода 112, 139
Сохраняемость 24
Стационарность 36
Сушилки барабанные 241
  со встречными струями 242
Счетчики 314

Т

Таблицы координатные 75, 159
Тарифы на электроэнергию 341
  часовые 352
Телеустановка 160
Термобаллоны 280
Термодатчики 280
Термосопротивления 280
Тиосульфат натрия 70, 139
Трассер 194
Трассирование 189, 194
Трубчатые испарители 133
Трубчатые колодцы 63—69
Тяжелые металлы 186

У

Удельные нормативные затраты времени 353—358
Удельное сопротивление осадка фильтрации 225
Удушье 137
Уксусная кислота 70
Ультразвук 139
Ультрафиолетовые лучи 138
Уплотнение осадка 225
Уровнемеры емкостные 162
  ультразвуковые 162
  пневмометрические 162
Утечка воды 158

Ф

Фактор разделения 232, 234
Фильтры 41
Фильтр-прессы 245, 247
Фильтр газовый 308
Фильтросные пластины 216
  трубы 216
Флотация 225
Флотационные установки (ФУ) 127, 128
Флокулянты 146, 225, 233, 234, 236
Фонды заработной платы 351
  материального поощрения 359—363
  социально-культурных мероприятий и жилищного строительства 359—363
  развития производства 359—363
Фугат 233
Фторирование 117

Х

Химическая потребность в кислороде (ХПК) 186
Хлориая вода 134

Ц

Цена реагентов 343
  заготовительная 344—346
  оптовая 344—346
Центрифуги 187, 231, 245, 247
Центровка агрегатов 266

Э

ЭВМ 17
Электролизные установки 134
Эжектор 136
Эмульгатор 136
Эрлифт 67, 68, 69, 218

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов Н. Н. Надежность систем водоснабжеиия. М.: Стройиздат, 1984. 216 с.
2. Аграноник Р. Я. Технология обработки осадков сточных вод с применением центрифуг и ленточных фильтров-прессов. М.: Стройиздат, 1985. 145 с.
3. Аюкаев Р. И. Интенсификация работы водоочистных фильтров и совершенствование метода их расчета. Петрозаводск: ПГУ им. О. В. Куусинена, 1985. 90 с.
4. Беспамятов Г. П., Кротов Ю. А. Предельно допустимые коицентрации химических веществ в окружающей среде. Л.: Химия, 1985. 528 с.
5. Временная инструкция по проектированию сооружеиий для очистки поверхиостиых сточных вод. СН 496—77. М.: Стройиздат, 1978. 40 с.
6. Ильин Ю. А. Надежность водопроводных сооружений и оборудоваиия. М.: Стройиздат, 1985. 241 с.
7. Кирпатовский И. П. Охрана природы. Справочиик. М.: Химия, 1980. 376 с.
8. Кургаиов А. М. Закоиомериости движения воды в дождевой и общесплавной канализации. М.: Стройиздат, 1982. 72 с.
9. Лобачев П. В., Шевелев Ф. А. Измерение расхода жидкости и газов в системах водоснабжения и канализации. М.: Стройиздат, 1985. 424 с.
10. Медведев Г. П. Подготовка к обезвоживанию и цеитрифугированию осадков сточных вод. Л.: ЛИСИ, 1983. 55 с.
11. Медведев Г. П. Канализация городов ФРГ. Л.: Стройиздат. 1982. 166 с.
12. Методика технологического контроля работы очистных сооружений городских канализаций. М.: Стройиздат, 1977. 303 с.
13. Методические указания по применеиию правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. М.: Минводхоз СССР, 1982. 35 с.
14. Осиовные положения по автоматизации канализационных очистных сооружеиий. М.: Стройиздат, 1972. 40 с.
15. Попкович Г. С. Основы автоматики и автоматизации водопроводно-каиализационных сооружений. М.: Высшая школа, 1975. 353 с.
16. Попкович Г. С., Репин Б. Н. Системы аэрации сточных вод. М.: Стройиздат, 1986. 134 с.
17. Положение о проведении планово-предупредительиого ремонта водопроводно-каиализационных сооружений. М.: Высшая школа. 1975. 353 с.
18. Правила безопасности в газовом хозяйстве. М.: Недра, 1980.
19. Правила приема производственных вод в системы канализации населенных пунктов. М.: МЖКХ РСФСР, 1987. 104 с.
20. Правила техники безопасности при эксплуатации систем водоснабжения и водоотведеиия населенных мест. М.: Стройиздат. 1979. 136 с.
21. Правила технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения иаселениых мест. М.: МЖКХ РСФСР. 1979. 192 с.
22. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергоатомиздат, 1986. 423 с.
23. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемиых кранов. М.: Металлургия, 1986. 169 с.

24. Рекомеидации по определению расхода жидкостей в открытых каиалах методом измерения уровня в поперечном сечеиии. М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1983. 22 с.
25. Рекомендации по приемке в эксплуатацию водопроводно-каиализационных сооружений. М.: Стройиздат. 1968.
26. Система технического обслуживания и ремонта оборудования предприятий химической промышленности. М.: Химия, 1986. 352 с.
27. Смирнов Д. Н. Автоматическое регулирование процессов очистки сточиых и природных вод. М.: Стройиздат, 1974.
28. СНиП 2.04.02—84. Водоснабжение. Наружиые сети и сооружения. М.: Стройиздат, 1985. 134 с.
29. СНиП 2.04.03—85. Каиализация. Наружные сети и сооружеиия. М.: Стройиздат, 1985. 72 с.
30. Справочная книга энергетика/Сост. А. Д. Смирнов. М.: Энергия, 1978. 336 с.
31. Справочник по примеиению и нормам расхода смазочных материалов./Под ред. Е. А. Эминова М.: Химия, 1977. 383 с.
32. Справочник работника газового хозяйства./Нечаев М. А., Иссерлин А. С., Млодок Б. И. и др. М.: Недра, 1973.
33. Справочник эксплуатациоиника газовых котельиых/Под ред. Е. Б. Столпнера. М.: Недра, 1976.
34. Тачунов М. И. Эксплуатация газового хозяйства промышлениых предприятий.М.: Недра, 1968.
35. Туровский И. С. Обработка осадков сточных вод. М.: Стройиздат, 1982. 200 с.
36. Уиифицированные методы аиализа сточных вод. М.: Химия, 1973. 376 с.
37. Худоба Я. Унификация методов определеиия окислительной способности аэрационных устройств. Межвуз. темат. сб. трудов. Л.: ЛИСИ, 1985. С. 117—120.
38. Эль М. А., Эль Ю. Ф., Вебер И. Ф. Наладка и эксплуатация очистиых сооружений городской каиализации. М.: Стройиздат, 1977. 232 с.
39. Яковлев С. В., Карюхиина Т. А. Биохимические процессы в очистке сточных вод. М.: Стройиздат, 1980. 200 с.

Справочник

Владимир Дмитриевич Дмитриев, Дмитрий Алексеевич Коровин, Александр Иванович Кораблев, Герман Полиенович Медведев, Борис Григорьевич Мишуков, Мелентий Прохорович Наумов, Галина Сергеевна Чистова

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ, КАНАЛИЗАЦИИ И ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Зав. редакцией *Н. Н. Днепрова*
Редактор *В. А. Ануфриева*
Оформление художника *Н. Г. Всеволетского*
Художественный редактор *О. В. Сперанская*
Технический редактор *Е. В. Полякова*
Корректоры *Т. Б. Верникова* и *Ю. М. Зислин*

ИБ № 4675

Сдано в набор 11.11.87. Подписано в печать 04.05.88. М-35334.
Формат 60×90¹/₁₆. Бумага офсетная № 1. Гарнитура «Литературная».
Печать офсетная. Усл. печ. л. 24. Уч.-изд. л. 29,1. Усл. кр.-отт. 24.
Изд. № 2549Л. Тираж 68000 экз. Заказ № 322. Цена 2 руб.

Стройиздат. Ленинградское отделение. 191011, Ленинград, пл. Островского, 6

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
193144, Ленинград, ул. Моисеенко, 10.